

Технет

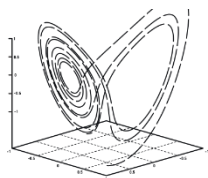
Национальная
технологическая
инициатива



Источник: wombo.art по запросу: advanced manufacturing technologies, markets

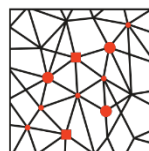
ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В НАПРАВЛЕНИЕ НТИ «ТЕХНЕТ»

Экспертно-аналитический доклад



Национальная
технологическая инициатива

Пространство возможного



Технет

Национальная
технологическая
инициатива

Передовые
производственные
технологии

Подготовлено Инфраструктурным центром «Технет» НТИ

Москва 2021

РЕФЕРАТ

НАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНИЦИАТИВА, ПЕРЕДОВЫЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА, СТАНДАРТЫ, ТЕХНЕТ, РЕЙТИНГ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	6
1. РЫНОК ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ	8
2. РЫНОК РОБОТОТЕХНИКИ	18
3. РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА	26
4. РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕНСОРИКИ	31
5. РЫНОК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	35
6. РЫНОК АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	43
7. РЫНОК БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
БИБЛИОГРАФИЯ	54

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ДК – Дорожная карта

НИОКР – Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НТИ – Национальная технологическая инициатива

ПО – Программное обеспечение

ППТ – Передовые производственные технологии

СЦТ – «Сквозные» цифровые технологии

УГТ – Уровень готовности технологии

ФЗ – Федеральный закон

ФОИВ – Федеральный орган исполнительной власти

Big Data – Большие данные

B2B – Business to business – «Бизнес для потребителя»

BI – Бизнес-аналитика

Big Data – Большие данные

B2C – Business to consumer

СААМ – Computer-Aided Additive Manufacturing – Технологическая подготовка производства нового

поколения, ориентированная на аддитивное производство

CAD – Computer-Aided Design – Компьютерное проектирование

CAE – Computer-Aided Engineering – Компьютерный инжиниринг

CAGR – Compound Annual Growth Rate – Среднегодовые темпы роста (%)

CAM – Computer-Aided Manufacturing – Технологическая подготовка производства

CAO – Computer-Aided Optimization – Компьютерная оптимизация

CFD – Computational Fluid Dynamics – Вычислительная гидрогазодинамика

CIM – Computer-Integrated Manufacturing – Компьютерно-интегрированное производство

CNC – Computer numerical control – Числовое программное управление

FDM – Fused Deposition Modeling – Моделирование методом осаждения с плавлением

HMI – Human-Machine Interface – Человеко-машинный интерфейс

HPC – High Performance Computing – Суперкомпьютерные технологии (СКТ)

HPTC – High Performance Technical Computing – Суперкомпьютерный инжиниринг

ICT – Information and communications technology – Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ)

IIoT – Industrial Internet of Things – Промышленный интернет вещей, Промышленный интернет,

Индустриальный интернет.

IoT – Internet of Things – Интернет вещей

IT – Information Technology – информационные технологии (ИТ)

MES – Manufacturing Execution System – Система управления производственными процессами

PDM – Product Data Management – Управление данными о продукте

PLM – Product Lifecycle Management – Управление жизненным циклом изделий

SLA – Stereolithography – Стереолитография

SLS – Selective Laser Sintering – Выборочное лазерное спекание

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и широкое применение передовых производственных технологий является ключевым условием процессов преобразования высокотехнологичной промышленности в цифровую. В контексте происходящих глобальных технологических изменений критически важными являются исследование условий развития и распространения передовых производственных технологий, анализ отечественных и зарубежных научно-технических разработок, изучение российского и международного рынков, а также выявление ключевых игроков – организаций-лидеров, определяющих траекторию развития высокотехнологичной промышленности.

Направление «Технет» (Передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы (НТИ) представляет собой кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление, обеспечивающее технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности за счет формирования Цифровых, «Умных» и Виртуальных Фабрик Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future).

Ассоциация разработчиков и эксплуатантов передовых производственных технологий (Ассоциация «Технет») является профессиональным объединением научных, образовательных и промышленных организаций и их представителей, осуществляющих исследования, разработку, производство и эксплуатацию технологических решений в сфере передовых производственных технологий, с целью обеспечения конкурентоспособности отечественных компаний-лидеров на глобальных рынках и в высокотехнологичных отраслях промышленности.

В целях обеспечения развития направления «Технет» НТИ на базе Ассоциации был создан Инфраструктурный центр по развитию направления «Технет» НТИ.

Одной из ключевых функций Инфраструктурного центра является реализация экспертно-аналитической поддержки в сфере передовых производственных технологий. Важным направлением деятельности в рамках этой функции является анализ развития российского и мирового рынков, включенных в направление «Технет» НТИ, а также и формирование прогноза их развития.

В отчете рассмотрены объемы глобальных и российских рынков по направлению «Технет» НТИ в 2020 году, дана оценка динамики роста рынков, проанализированы основные технологические и географические сегменты, изучены ключевые игроки, описаны тенденции, наблюдаемые на рынках. Результаты анализа проиллюстрированы с помощью графических материалов и таблиц.

Объектом исследования является массив отчетов, научных публикаций, национальной и глобальной статистики, публикаций в СМИ, больших данных, содержащий данные о развитии рынков «Технет» НТИ в России и на глобальном уровне.

Предмет исследования – текущий статус развития международного и российского рынков направления «Технет» НТИ.

В анализ включены следующие рыночные направления:

- Цифровое проектирование и моделирование.
- Робототехника.
- Промышленный интернет вещей.

- Промышленная сенсорика.
- Новые материалы.
- Аддитивные технологии.
- Рынок больших данных (Big Data).

1. РЫНОК ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цифровое проектирование и моделирование изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.) и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла является необходимым комплексом технологий для создания Фабрик Будущего, в частности Цифровых фабрик, а также цифровых двойников (Digital Twin). Цифровое проектирование и моделирование позволяет радикально сократить сроки вывода на рынок новых продуктов (T2M) и повысить их интеллектуальность.

Цифровое проектирование и моделирование представляет собой совокупность:

- технологий компьютерного проектирования (Computer-Aided Design, CAD);
- технологий математического моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering, CAE, и High Performance Computing, HPC) и оптимизации (Computer-Aided Optimization, CAO);
- технологической подготовки производства (Computer-Aided Manufacturing, CAM), в том числе нового поколения, ориентированной на аддитивное производство (Computer-Aided Additive Manufacturing, CAAM);
- бионического / генеративного дизайна ((Simulation & Optimization) - Driven Bionic / Generative Design);
- цифровых двойников (Digital Twin);
- технологий управления данными о продукте (Product Data Management, PDM);
- технологий управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM).

В настоящее время наиболее наукоемкой частью цифрового проектирования и моделирования является компьютерный инжиниринг, который можно рассматривать и как совокупность инжиниринговых услуг – высокоинтеллектуальной научно-технической деятельности по разработке сложных технических систем (Brainware / Engineering services), и как совокупность инструментов компьютерной поддержки инжиниринговых услуг (Tools) – программного и аппаратного обеспечения (на рисунке ниже обозначены как Independent Software Vendors и Computer Hardware and Infrastructure соответственно) [1].

Комплексно оценить мировой рынок компьютерного инжиниринга представляется затруднительным, поскольку значительная часть деятельности осуществляется в рамках структурных единиц производственных компаний, которые не оказывают инжиниринговые услуги сторонним заказчикам. В связи с этим анализ рынка осуществляется посредством рассмотрения относящихся к нему рынков технологий.

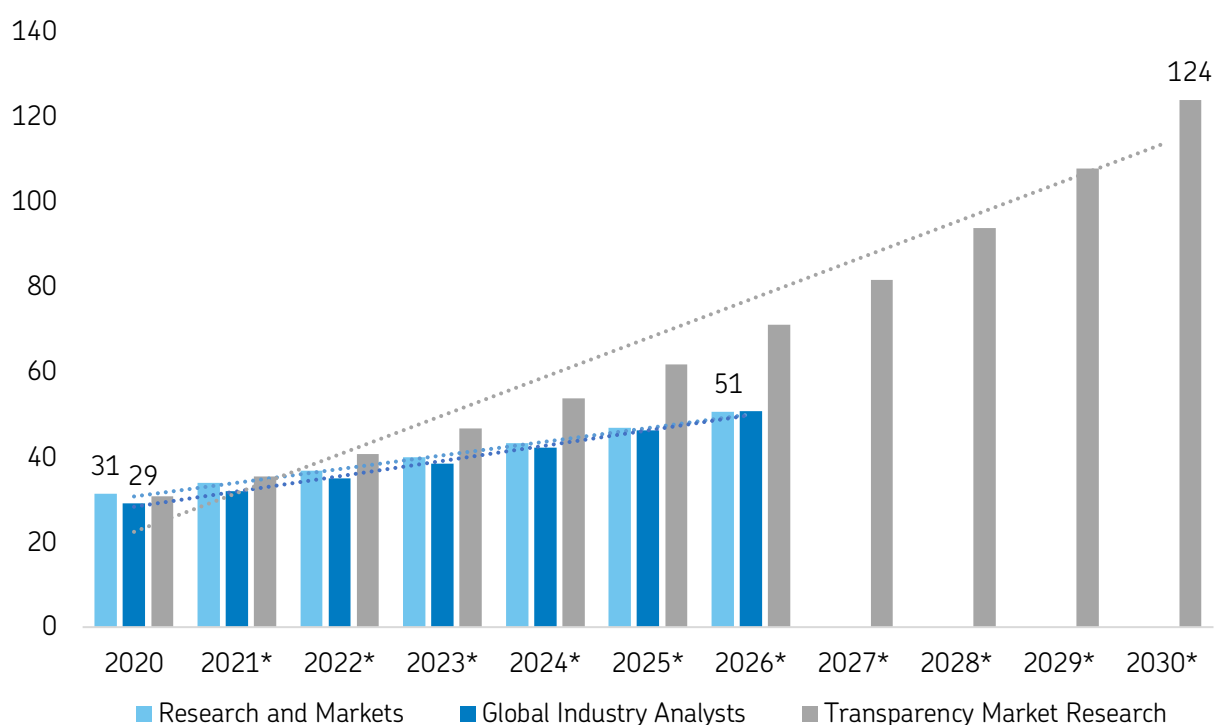
Мировой рынок цифрового проектирования и моделирования

Инженерное программное обеспечение

Согласно терминологии международного аналитического и консалтингового агентства International Data Corporation (IDC), рынок инженерного программного обеспечения (engineering software and applications) представляет собой совокупность таких технологий как CAD, CAM, CAE и cPDM, а также других инженерных программных средств [2; 3].

Объем рынка инженерного программного обеспечения в 2020 году оценивался компанией Research and Markets в \$ 31,35 млрд. Прогнозируется, что темпы роста данного рыночного направления могут составить по разным оценкам от 7,7% до 13% в ближайшие 5–10 лет [38–40].

Рисунок 1. Прогноз развития рынка инженерного программного обеспечения (\$ млрд)



Источник: Research and Markets, Global Industry Analysts, Transparency Market Research лет [38–40].

По данным Global Industry Analysts, ожидается, что рынок инженерного программного обеспечения США достигнет \$ 8,9 млрд в 2021 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 6,6 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 12,2%.

Ожидаемые темпы роста рынка инженерного программного обеспечения в Японии и Канаде оцениваются чуть ниже – 8,1% и 9,3% соответственно. Среди стран европейского региона Global Industry Analysts отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 8,7% в период до 2026 года.

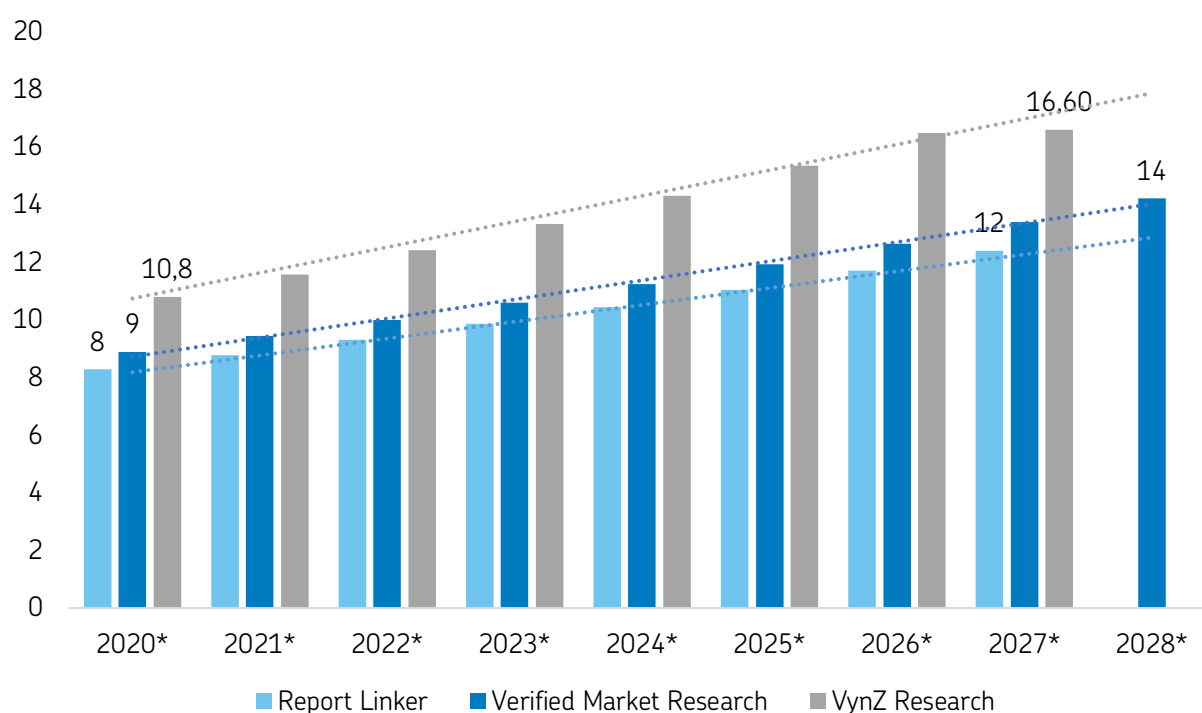
Развитие рынков в североамериканском и европейском регионах будет стимулировать увеличение использования программного обеспечения CAD в оборонной и аэрокосмической промышленности для создания прототипов, позволяющего инженерам создавать,

разрабатывать и совершенствовать конструкции самолетов. Рост в Азиатско-Тихоокеанском регионе в ближайшие годы будет обусловлен дополнительными государственными инвестициями в ИТ-инфраструктуру [40].

Компьютерное проектирование (Computer-Aided Design, CAD)

По данным компании VynZ Research, объем рынка компьютерного проектирования (CAD) по состоянию на 2020 год составил \$ 10,8 млрд. По разным оценкам, темпы роста данного рыночного направления могут составить 5,9–7,9% в ближайшие 7–10 лет [41–43].

Рисунок 2. Прогноз развития рынка компьютерного проектирования (\$ млрд)



Источник: Report Linker, Verified Market Research, VynZ Research [41–43].

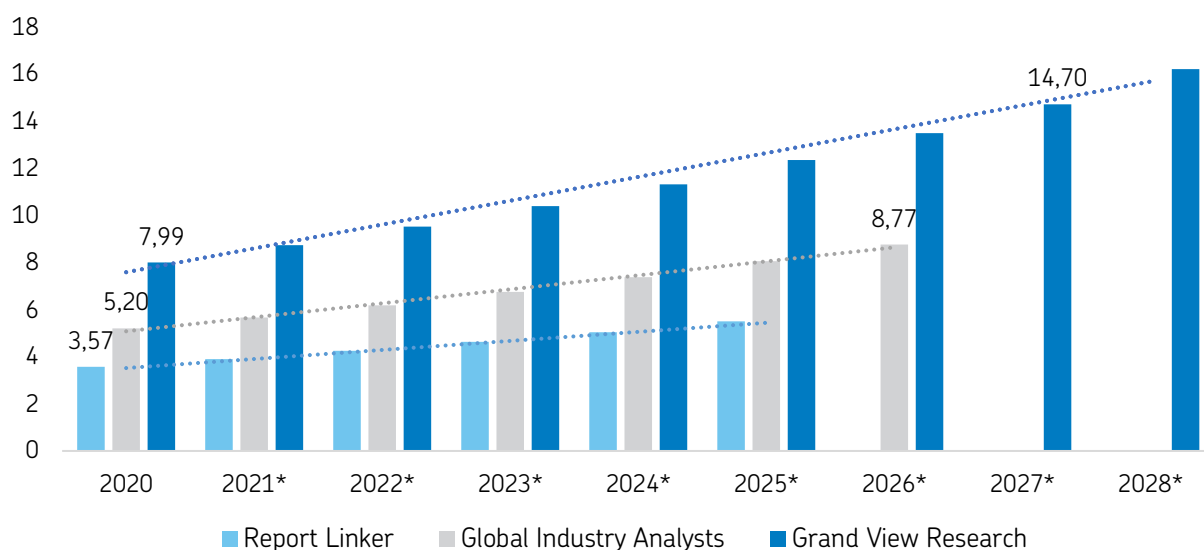
По данным ReportLinker, рынок технологий компьютерного проектирования США достиг в \$ 2,2 млрд в 2020 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 2,7 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 9,1%.

Ожидаемые темпы роста рынка инженерного программного обеспечения в Японии и Канаде оцениваются чуть ниже – 3,1% и 5,3% соответственно. Среди стран европейского региона Global Industry Analysts отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 3,7% в период до 2026 года [4].

Математическое моделирование, компьютерный и суперкомпьютерный инжиниринг (Computer-Aided Engineering, CAE, и High Performance Computing, HPC)

По оценке компании Grand View Research, объем глобального рынка CAE в 2020 году составил около \$ 8 млрд. К 2028 году ожидается увеличение рынка в 2 раза по сравнению с объемом 2020 года. [44–46].

Рисунок 3. Прогноз развития рынка математического моделирования (\$ млрд)

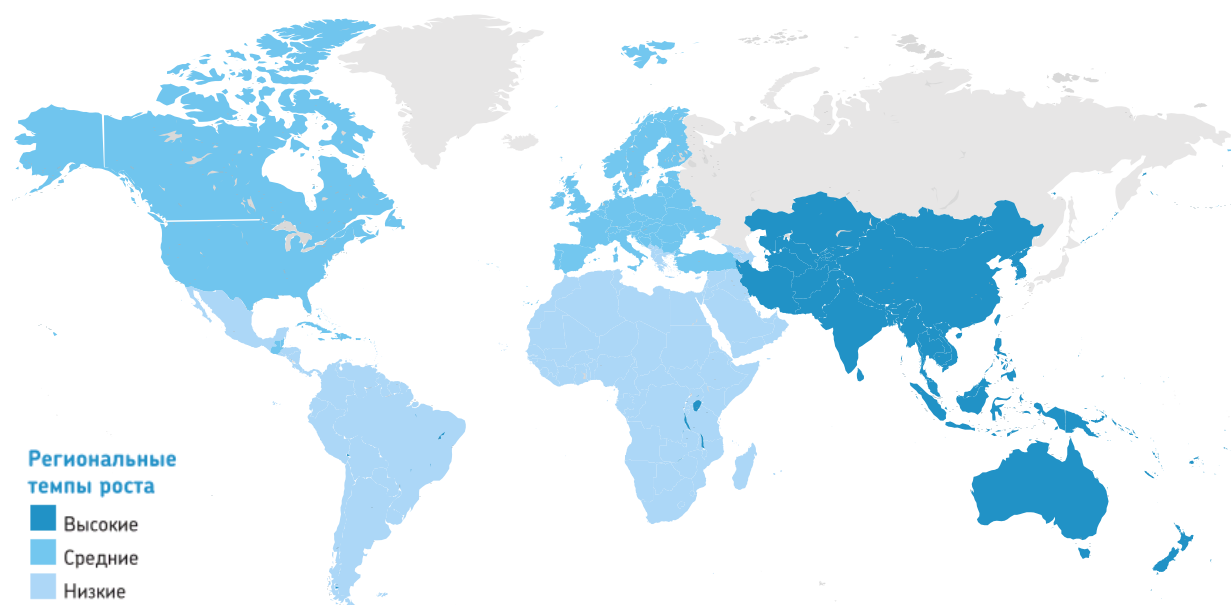


Источник: Grand View Research, Global Industry Analysts, Report Linker [44–46].

По данным Grand View Research, в 2020 году на рынке CAE доминировал европейский регион с долей выручки 33,08%. Ожидается, что в Северной Америке и странах Европы рынок будет продолжать расти вследствие увеличения автоматизации в производственном секторе, распространения технологий Интернета вещей, обеспокоенности производителей проблемой выбросов парниковых газов и развития аккумуляторных технологий.

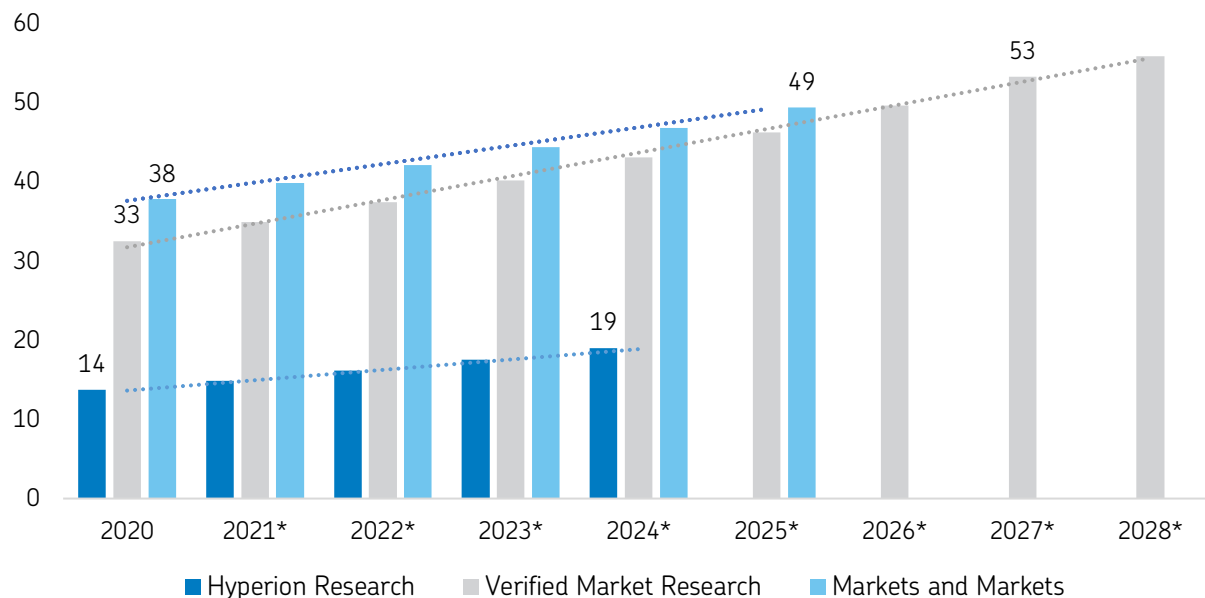
Также аналитики компании прогнозируют, что в Азиатско-Тихоокеанском регионе будет наблюдаться экспоненциальный среднегодовой темп роста в ближайший 5-летний период. Этот рост можно объяснить увеличением государственных инвестиций в развитие производственного сектора и расширение мощностей по производству энергии из возобновляемых источников [5].

Рисунок 4. Темпы роста рынка математического моделирования по регионам (2020–2025 годы)



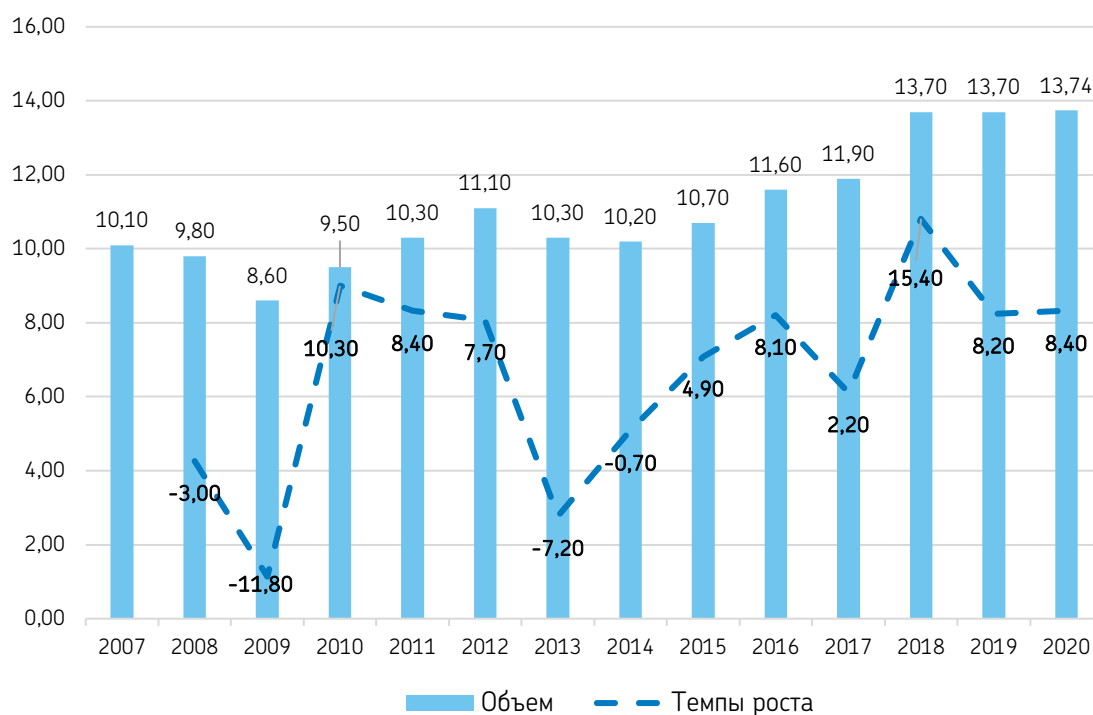
По разным оценкам, объем рынка НРС в ближайшие 5–8 лет составит от \$ 49,4 млрд до \$ 55,86 млрд. Предполагаемые темпы роста данного рыночного направления прогнозируются на уровне 5,5–8,4% [48–50].

Рисунок 5. Прогноз развития рынка компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга (\$ млрд)



Источник: Markets and Markets, Verified Market Research, Hyperion Research [48–50]

Рисунок 6. Динамика развития рынка компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга в 2007–2020 годах (\$ млрд)



Источник: Cadcamca [6][51]

В топ-5 наиболее прибыльных направлений, в которых применяются технологии НРС, входят финансовый сектор, нефтегазовая отрасль, биологические науки, телеком, производственный сектор [51].

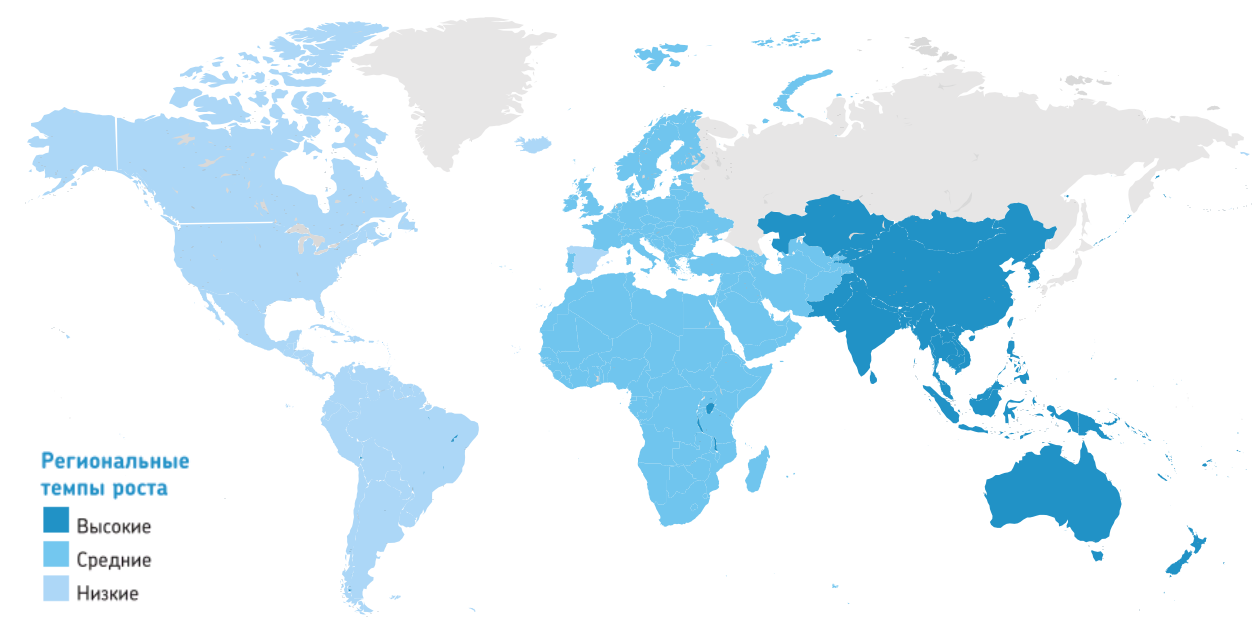
Таблица 1. Отдача на единицу инвестиций в системы НРС (\$)

Сфера применения НРС	Средний доход	Средняя прибыль или сокращение затрат
Финансы	834	61
Нефтегазовая отрасль	416	54
Биологические науки	160	41
Телекоммуникации	211	30
Производство	83	20
Транспорт	180	16
Розничная торговля	30	12
Страхование	71	-

Источник: Cadcamcae [6]

Согласно прогнозу компании Mordor Intelligence, в ближайшие 5 лет Северная Америка будет удерживать крупнейшую долю рынка технологий НРС. Однако, лидером по темпам роста данного рыночного направления станет Азиатско-Тихоокеанский регион [52].

Рисунок 7. Темпы роста рынка компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга по регионам (2021–2026 годы)



Источник: Mordor Intelligence [52]

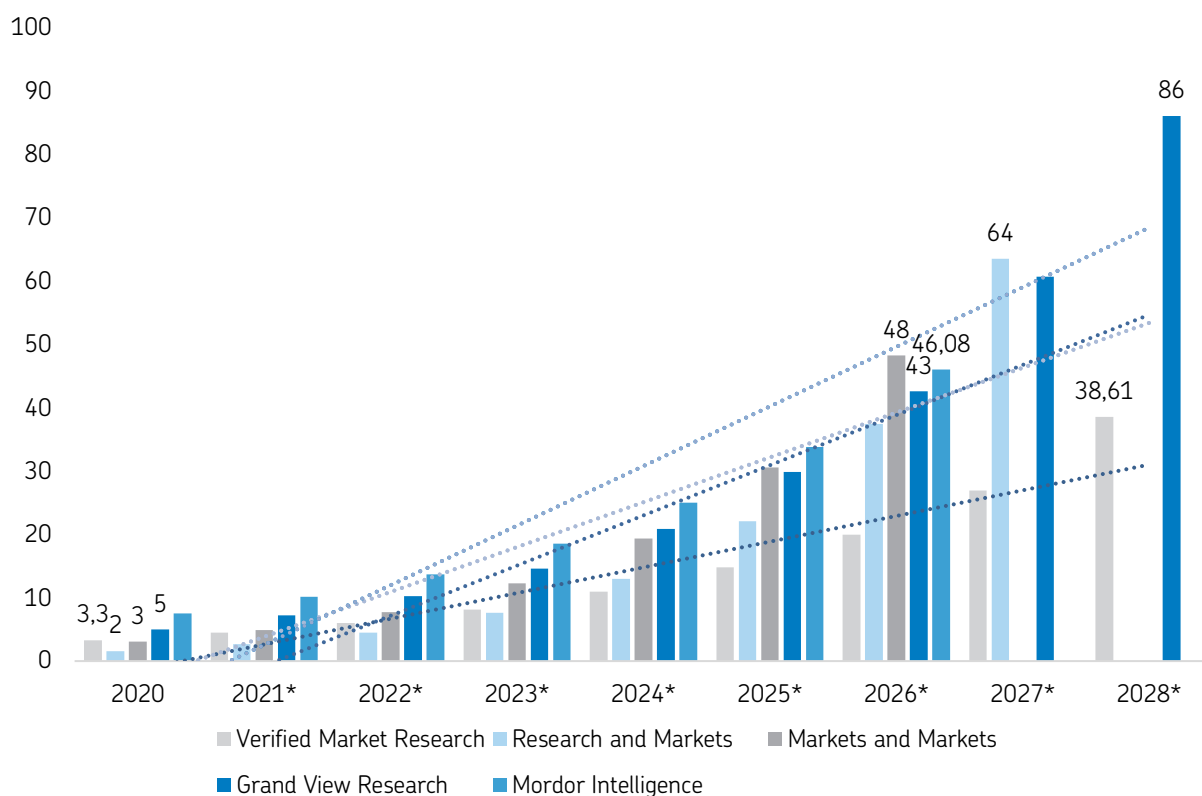
Цифровые двойники (Digital Twin)

Среди передовых технологий, которые принято включать в направление «Цифровое проектирование и моделирование», технология «Цифровой двойник» (Digital Twin) является технологией-интегратором «сквозных» цифровых технологий и субтехнологий, выступает технологией-драйвером, позволяет высокотехнологичным компаниям переходить

на новый уровень технологического и устойчивого развития на пути к промышленному лидерству на глобальных рынках.

По данным компании Mordor Intelligence, объем глобального рынка цифровых двойников в 2020 году составил \$ 7,53 млрд. В соответствии с различными прогнозами нескольких аналитических агентств, в ближайшие 6–8 лет ожидаемые темпы роста рынка цифровых двойников могут составить от 35% до 58% [53–56].

Рисунок 8. Прогноз развития рынка цифровых двойников (\$ млрд)



Источник: Markets and Markets, Grand View Research, Research and Markets, Mordor Intelligence, Verified Market Research [53–56]

По данным Markets and Markets, Северная Америка занимает наибольшую долю на рынке цифровых двойников. В последние годы разработка различного программного обеспечения и внедрение решений автоматизации в обрабатывающих отраслях позволили улучшить производственные линии и последующие операции. Эти события положительно повлияли на рост рынка цифровых двойников в Северной Америке из-за высоких темпов экономического роста и большого количества поставщиков, предлагающих цифровых двойников. Более того, рост НИОКР в области IoT и IIoT и растущий спрос на эффективные и экономичные технологии для производства продукции также поддерживают рост регионального рынка.

Ожидается, что в Азиатско-Тихоокеанском регионе будут зафиксированы наиболее высокие темпы развития рынка за прогнозируемый период. Факторами, способствующими росту рынка цифровых двойников в Китае, являются высокий потенциал для цифровой трансформации обрабатывающей промышленности, плотное население, масштабная индустриализация и урбанизация, а также растущее внедрение Интернета вещей. Отмечается, что другие географические сегменты Азиатско-Тихоокеанского рынка – Япония,

Индия, Южная Корея – столкнулись с более разрушительными последствиями пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, что привело к значительному падению роста рынка цифровых двойников. Ожидается, что ситуация на рынке нормализуется в течение 1,5–2,5 лет [53].

Среди передовых технологий, которые принято включать в направление «Цифровое проектирование и моделирование», технология «Цифровой двойник» (Digital Twin) является технологией-интегратором «сквозных» цифровых технологий и субтехнологий, выступает технологией-драйвером, позволяет высокотехнологичным компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития на пути к промышленному лидерству на глобальных рынках. Вследствие этого, в рамках глобального рынка цифрового проектирования и моделирования были рассмотрены мировые компании-лидеры в области разработок и применения цифровых двойников.

Центр компетенций НТИ СПбПУ – ведущий российский центр компетенций с крупнейшим проектным консорциумом по направлению «Новые производственные технологии» (цифровое проектирование и моделирование, цифровые двойники, новые материалы, аддитивные технологии), созданный на базе экосистемы инноваций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. В рамках экспертно-аналитического доклада «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности» представлена концепция Центра НТИ СПбПУ по созданию цифровых двойников, проанализированы различные подходы к данному понятию, а также обозначены существующие в мире успешные практики разработки и применения цифровых двойников [7].

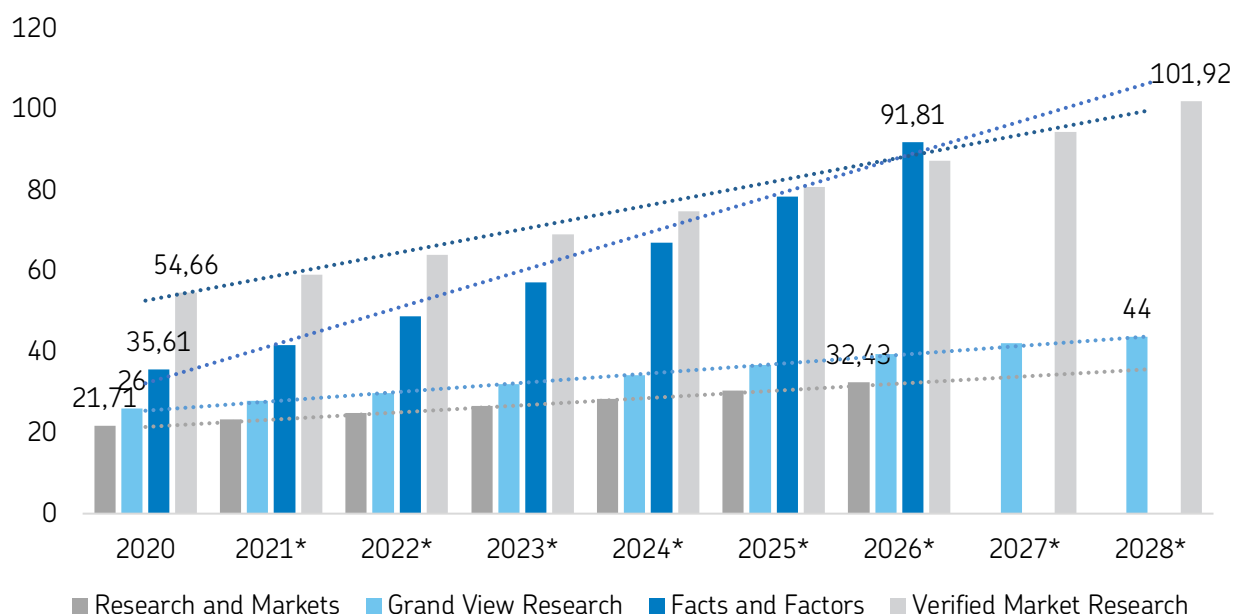
Таблица 2. Лидеры рынка цифрового проектирования и моделирования

№	Компания	Страна	Выручка в 2020 году (\$ млрд)
1	Airbus	Франция	49,9
2	Ansys	США	1,5
3	Autodesk	Autodesk	3,3
4	Boeing	США	58,2
5	Dassault Systemes	Франция	5,2
6	ESI	Франция, Корея	0,15
7	General Electric	США	75,6
8	Hitachi Vantara	Япония	Н/Д
9	IBM	США	73,6
10	Lumada	Япония	Н/Д
11	Microsoft	США	143
12	Oracle Corporation	США	39,1
13	Precognize	Германия	Н/Д
14	PTC	США	1,1
15	Robert Bosch GmbH	Германия	91,5
16	SAP	Германия	31,03
17	Siemens Digital Industries Software	Германия	67,30
18	Software AG	Германия	0,83
19	Toyota	Япония	275,4

Управление жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM)

По оценке компании Verified Market Research, объем рынка PLM в 2020 году составил \$ 54,66 млрд. В соответствии с оценками нескольких аналитических агентств, в ближайшие 6–8 лет ожидаемые темпы роста рынка PLM могут составить от 6,9% до 17% [57–60].

Рисунок 9. Прогноз развития рынка управление жизненным циклом изделий (\$ млрд)



Источник: Research and Markets, Facts and Factors, Grand View Research, Verified Market Research [57–60]

По оценке Grand View Research, в 2020 году на рынке PLM доминировал североамериканский регион с долей рынка более 35%.

В Азиатско-Тихоокеанском регионе прогнозируются самые высокие темпы роста рынка в период с 2021 года по 2028 год. Аналитики связывают такие тенденции с тем, что несколько крупных предприятий региона, работающих в различных отраслях, включая аэрокосмическую и оборонную, электронику, автомобилестроение и телекоммуникации, выстраивают свои стратегические планы вокруг преобразования и совершенствования инженерных процессов, процессов разработки продуктов, вследствие чего активно внедряют инструменты PLM [58].

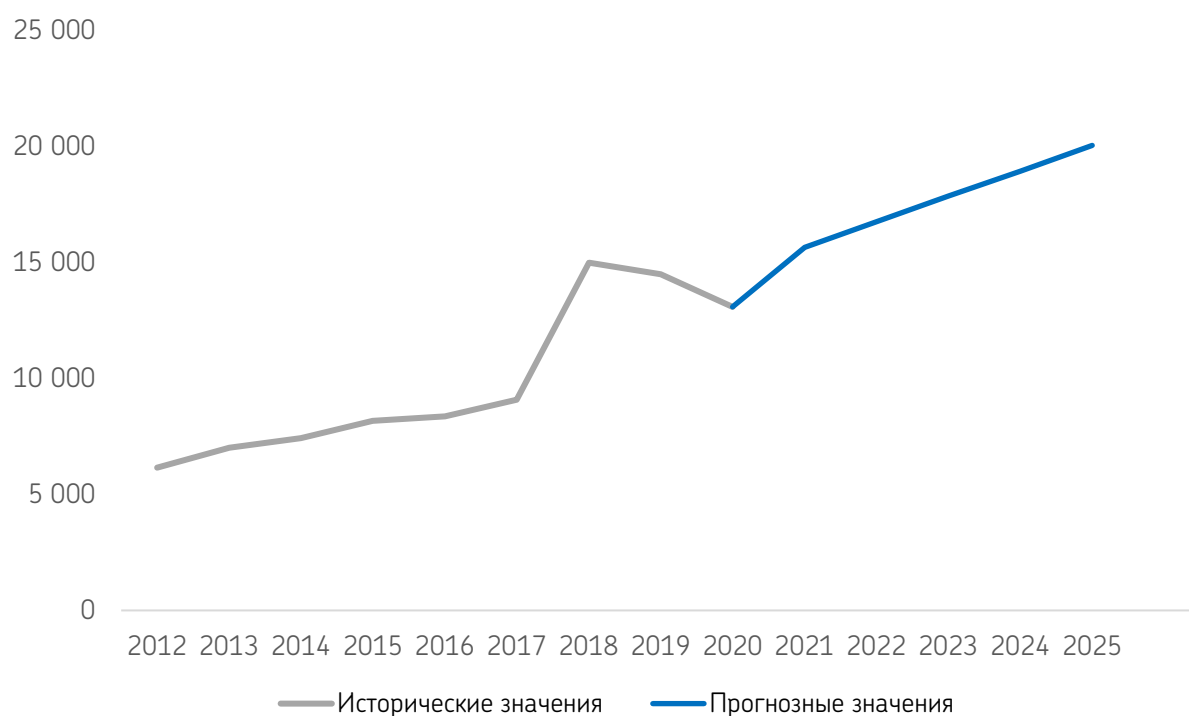
Российский рынок цифрового проектирования и моделирования

Объем российского рынка цифрового проектирования и моделирования был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «цифровое проектирование и моделирование».

Прогноз российского рынка цифрового проектирования и моделирования был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка цифрового проектирования и моделирования в 2020 году составил около 13 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка могут составить около 9%, что может обеспечить рост объемов рынка цифрового проектирования и моделирования до отметки 20 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 10. Прогноз развития российского рынка цифрового проектирования и моделирования в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

2. РЫНОК РОБОТОТЕХНИКИ

На рынке робототехники, согласно подходу Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR), можно выделить 2 ключевых сегмента:

- промышленная робототехника;
- сервисная робототехника.

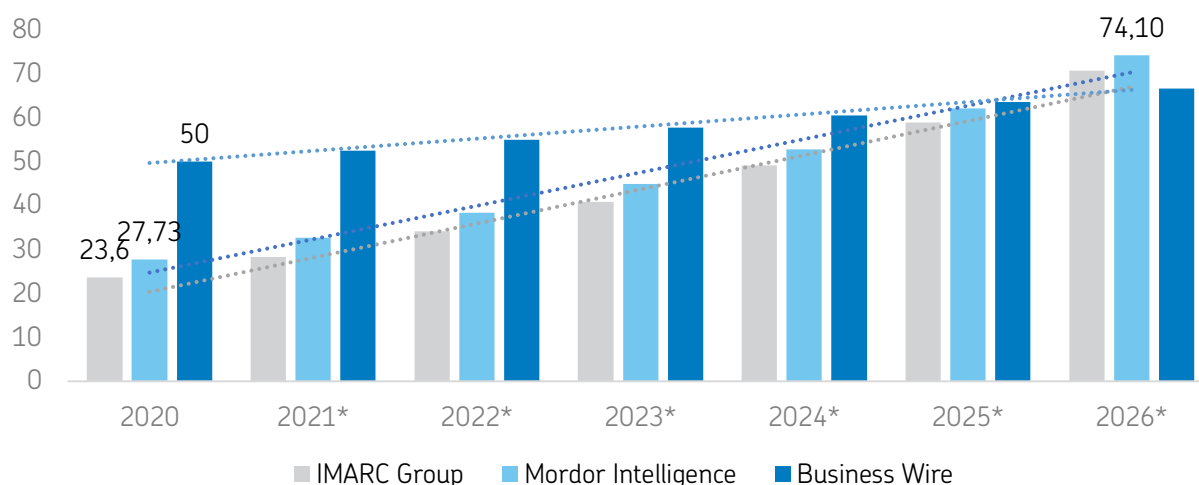
Промышленная робототехника предназначена для разрешения производственных задач по автоматизации. Сервисная робототехника применяется в различных областях деятельности человека, а также для обслуживания оборудования. В сегменте сервисной робототехники также выделяют 2 направления – профессиональная сервисная робототехника (используется в сфере услуг) и персональная сервисная робототехника (используется для повседневных нужд человека) [8].

В рамках направления «Технет» НТИ приоритетным для анализа является сегмент промышленных роботов, применяемых в процессах механообработки, сборки и монтажа, транспортировки деталей в зону работы технологического оборудования, в ходе складских операций и др.

Мировой рынок робототехники

По разным оценкам, объем глобального рынка робототехники в 2020 году составил от \$ 23,6 млрд до \$ 49,9 млрд. В соответствии с усредненной оценкой нескольких аналитических агентств, в ближайшие 6 лет ожидаемые темпы роста рынка робототехники могут составить от 5% до 20% [9; 61; 63].

Рисунок 11. Прогноз развития рынка робототехники (\$ млрд)

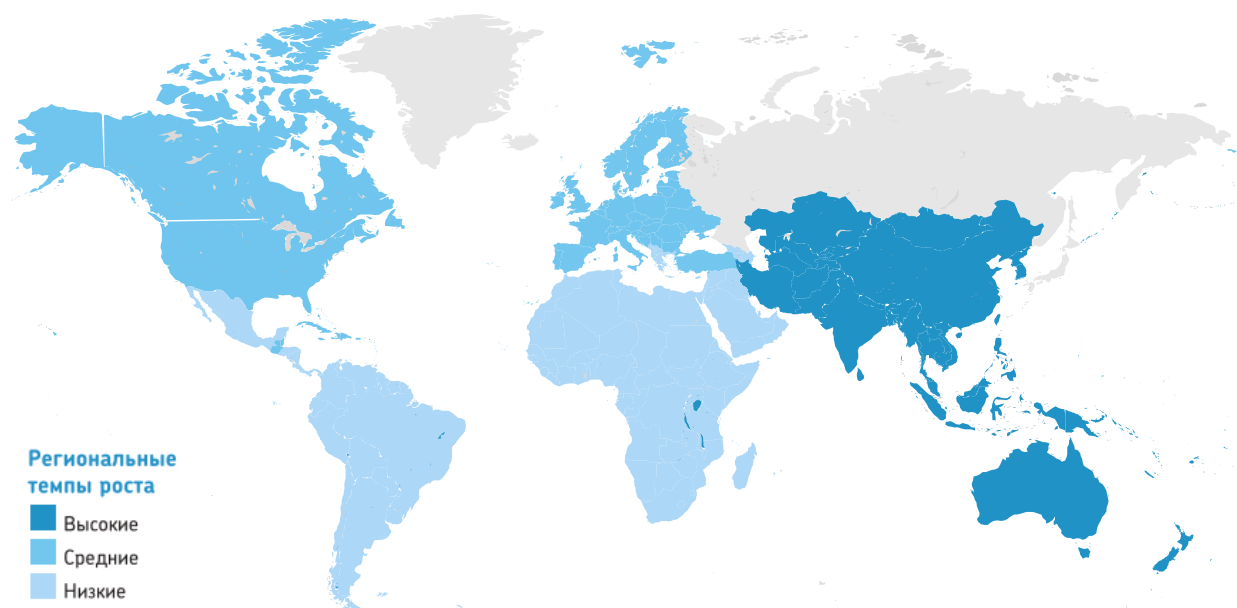


Источник: Business Wire, Mordor Intelligence, IMARC Group [9; 61; 63]

В соответствии с данными Business Wire, по состоянию на 2020 год наибольший вклад в глобальный рынок робототехники вносит Азиатско-Тихоокеанский регион с долей в размере 35,27%. Китай является крупнейшей страной-поставщиком в регионе с долей 42,73% в 2020 году, за ним следуют Южная Корея, Япония и Индия [62].

Mordor Intelligence прогнозирует, что лидером на рынке робототехники с точки зрения темпов роста в ближайшие 5 лет будет являться Азиатско-Тихоокеанский регион [10].

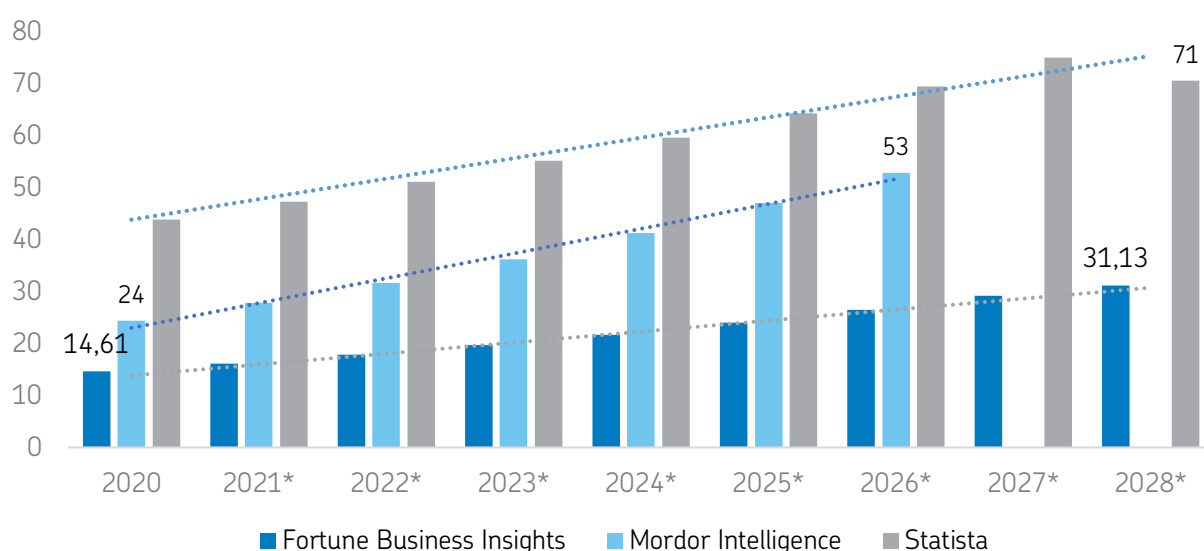
Рисунок 12. Темпы роста рынка робототехники по регионам (2021–2026 годы)



Источник: Mordor Intelligence [10]

Приоритетным сегментом рынка робототехники в рамках направления «Технет» НТИ является производство промышленных роботов. По разным оценкам в 2020 году объем рынка промышленной робототехники составил около \$ 14,6–43,8 млрд, к 2028 году агентство Statista прогнозирует рост рынка до отметки \$ 70,6 млрд. В среднем по оценкам аналитических агентств, предполагаемые темпы роста данного рыночного направления в ближайшие 6–8 оцениваются на уровне 10–14% [64–66].

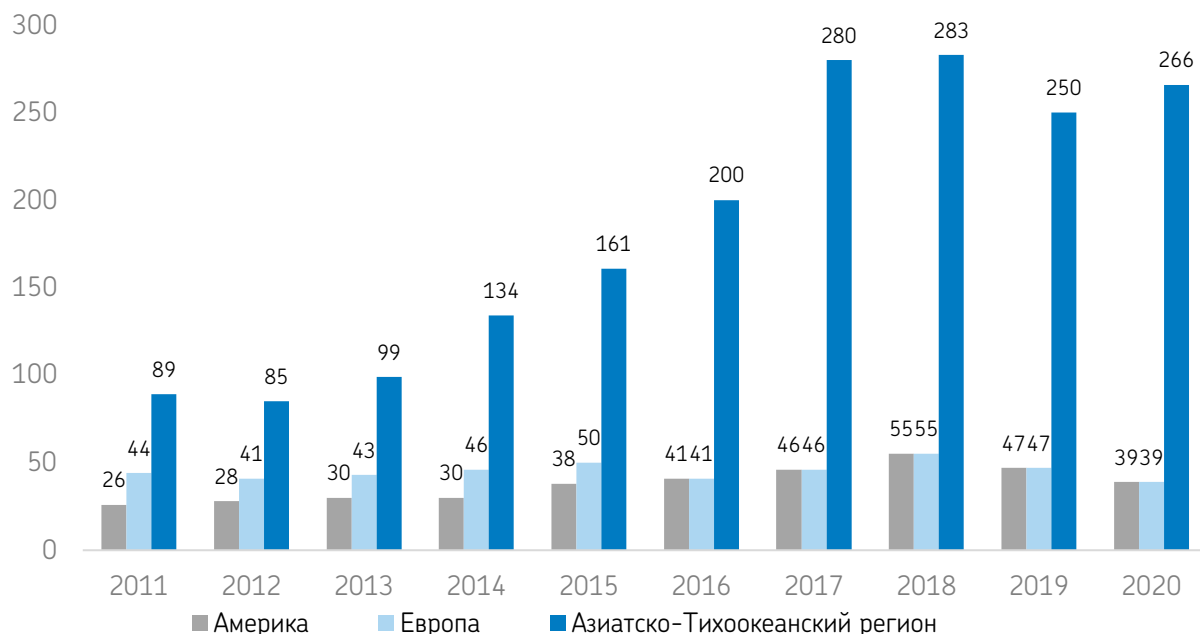
Рисунок 13. Прогноз развития рынка промышленных роботов (\$ млрд)



Источник: Statista, Mordor Intelligence, Fortune Business Insights [64–66]

Согласно отчету IFR, Азиатско-Тихоокеанский регион, включая Австралию, лидирует по количеству ежегодно устанавливаемых промышленных роботов на протяжении последнего десятилетия. По состоянию на 2020 год суммарно в мире было установлено более 370 тысяч единиц промышленных роботов [67].

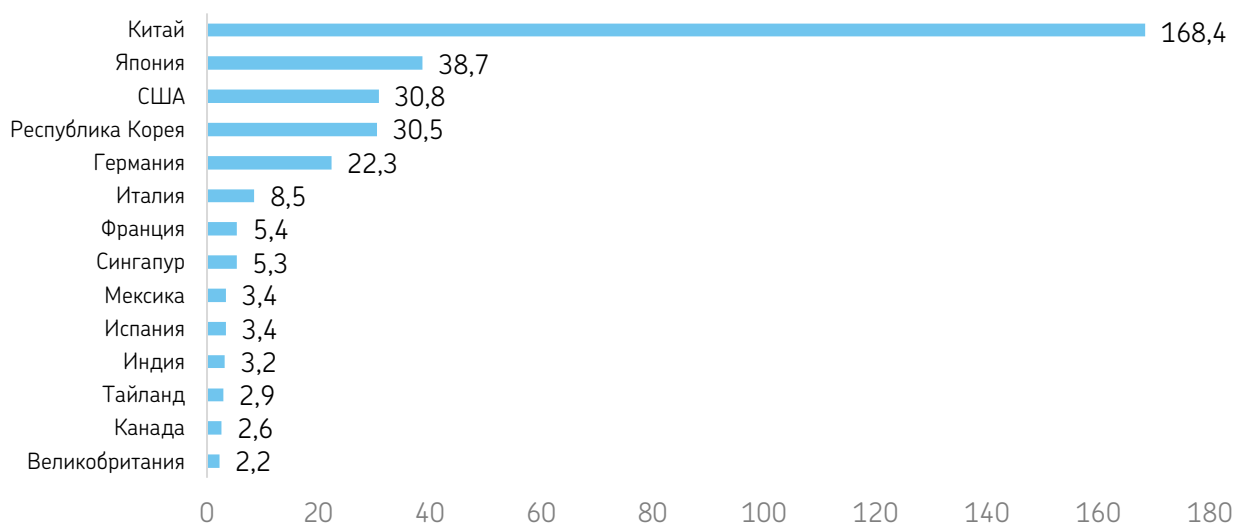
Рисунок 14. Количество ежегодно устанавливаемых промышленных роботов в мире в 2011–2020 годах (тыс. ед.)



Источник: IFR [67]

Лидером по количеству установленных промышленных робототехнических комплексов по итогам 2020 года стал Китай. В топ-5 крупнейших географических рынков также вошли Япония, США, Южная Корея, Германия [67].

Рисунок 15. Количество ежегодно устанавливаемых промышленных роботов: крупнейшие географические рынки в 2020 году (тыс. ед.)



Источник: IFR [67]

В 2020 году наибольшее количество промышленных роботов было установлено компаниями электронной промышленности [67].

Рисунок 16. Количество ежегодно устанавливаемых промышленных роботов в мире по отраслям в 2018-2020 годах (тыс. ед.)



Источник: IFR [67].

Yahoo! Finance – провайдер финансовой информации, принадлежащий компании Yahoo!. Yahoo! Finance предоставляет новости и справочную информацию по темам, связанным с бизнесом, финансами и экономикой. Справочная информация включает в себя котировки и рейтинги ценных бумаг, пресс-релизы и финансовые отчеты компаний. Рейтинг «15 Biggest Robotics Companies in the World» («15 крупнейших компаний в области робототехники в мире») выявляет ключевые компании, занимавшие доминирующие позиции в мировой индустрии робототехники по итогам 2020 года [31].

Таблица 3. 15 крупнейших компаний в области робототехники в мире в 2020 году

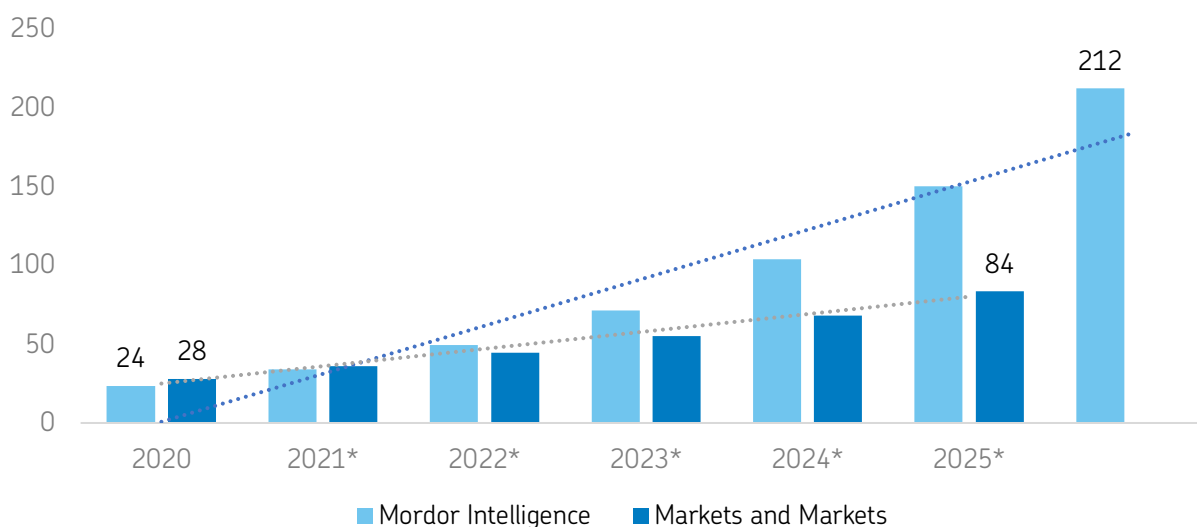
№	Компания	Страна	Выручка (\$ млрд)	Рыночная капитализация (\$ млрд)	Количество сотрудников
1	Honda Motor	Япония	142,4	42,6	219 722
2	Siemens AG	Германия	97,4	75,4	385 000
3	Sony	Япония	79,2	78,7	114 400
4	Denso Corp	Япония	47,4	227,6	171 922
5	Midea Group	Китай	39,9	52,9	114 765
6	ABB	Швейцария	28	401,6	144 400
7	Yamaha Motor	Япония	15,3	4,6	55 255
8	Seiko Epson	Япония	9,9	5,6	75 608

№	Компания	Страна	Выручка (\$ млрд)	Рыночная капитализация (\$ млрд)	Количество сотрудников
9	KION Group	Германия	9,7	5,9	34 604
10	Rockwell Automation	США	6,8	30,4	23 000
11	Fanuc Corp	Япония	4,7	32	7 866
12	Intuitive Surgical	США	4,6	93,2	7 326
13	Yaskawa Electric	Япония	4,3	8,2	15 179
14	Zebra Technologies	США	3,8	21,05	8 200
15	iRobot	США	1,3	2,23	528

Источник: Yahoo! Finance [31]

Помимо анализа сегмента промышленной робототехники, стоит отметить также текущий статус и перспективы развития глобального рынка сервисной робототехники. По оценке Markets and Markets, в 2020 году объем рынка сервисной робототехники достиг отметки \$ 27,7 млрд. Предполагаемые темпы роста сегмента сервисных роботов в ближайшие 6 лет по разным оценкам могут составить от 23% до 45%. Таким образом, к 2026 году объем рынка сервисных роботов, по разным оценкам, может составить от \$ 103 млрд до \$ 212 млрд [11; 68].

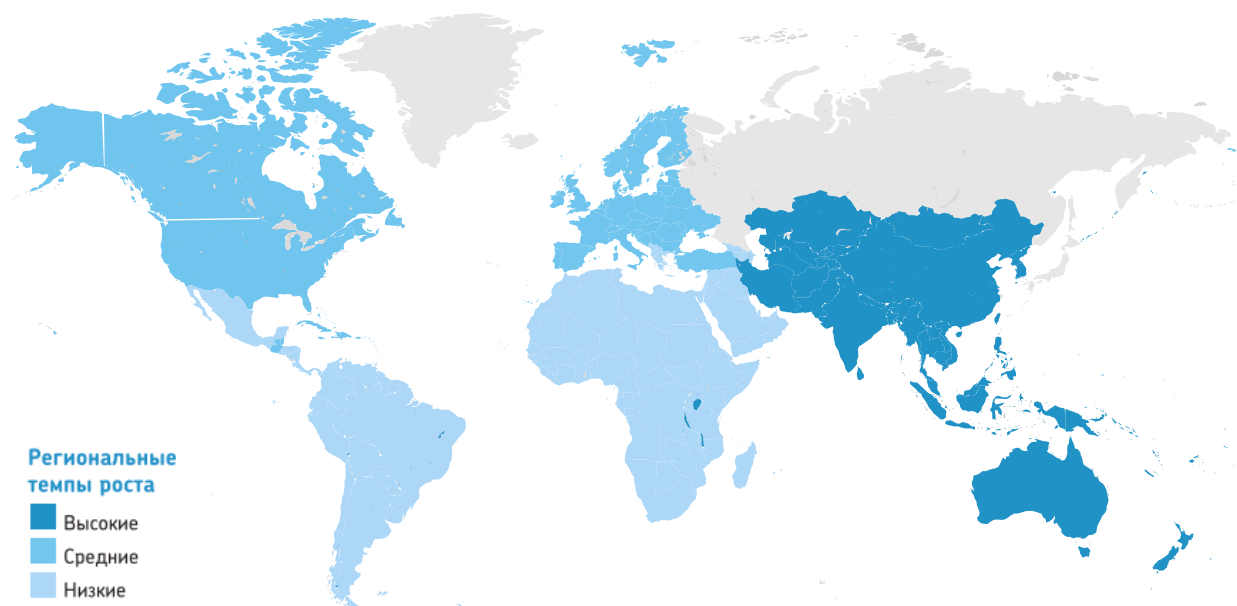
Рисунок 17. Прогноз развития рынка сервисной робототехники (\$ млрд)



Источник: Markets and Markets, Mordor Intelligence [11; 68]

Mordor Intelligence прогнозирует, что в ближайшие 5 лет Азиатско-Тихоокеанский регион будет являться лидером на рынке робототехники с точки зрения темпов роста, а также крупнейшим рынком в течение прогнозируемого периода благодаря широкому распространению сервисных роботов в Китае, Японии и Индии [68].

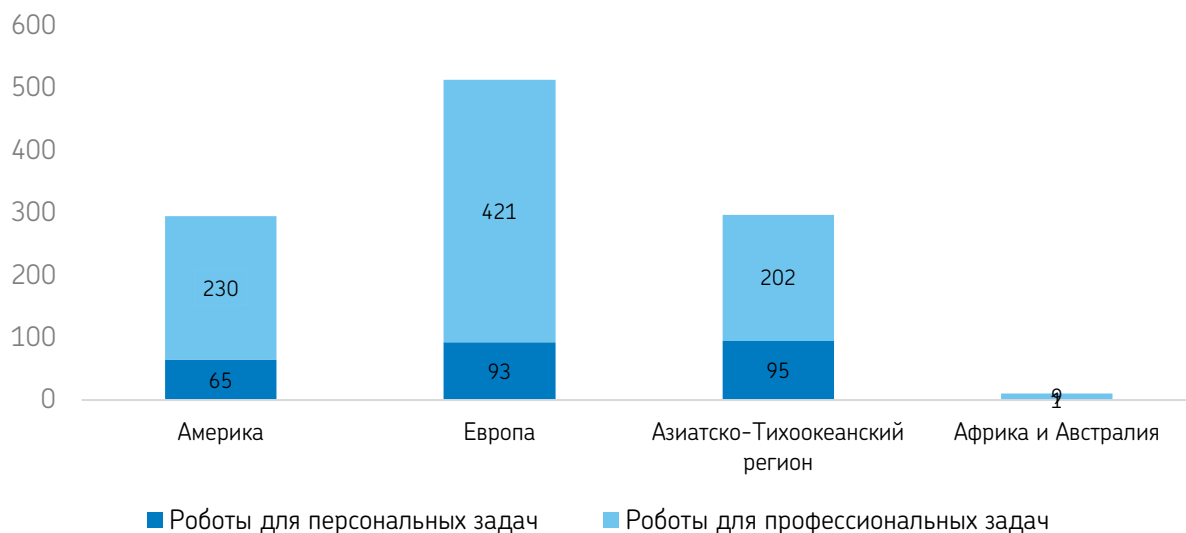
Рисунок 18. Темпы роста рынка сервисной робототехники по регионам (2021–2026 годы)



Источник: Mordor Intelligence [68]

В 2020 году европейский регион лидировал по количеству компаний-поставщиков сервисных роботов. Лидерство региона наблюдалось как в сегменте сервисной робототехники для профессиональных задач, так и в сегменте продукции для персонального использования [67].

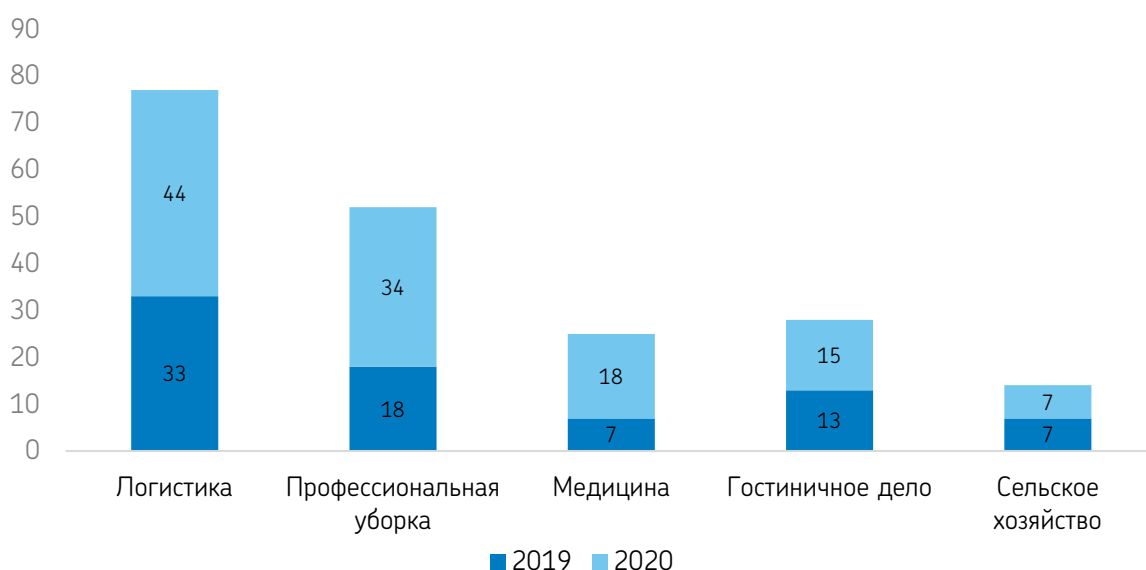
Рисунок 19. Поставщики сервисных роботов различного назначения по регионам



Источник: IFR [67]

В 2020 году наблюдалось увеличение объемов сбыта продукции профессиональной сервисной робототехники по всем категориям, с сохранением доминирования сегмента логистических и транспортных роботов в структуре продаж [67].

Рисунок 20. Продажи сервисных роботов для профессиональных задач в 2019-2020 годах (тыс. ед.)



Источник: IFR [67].

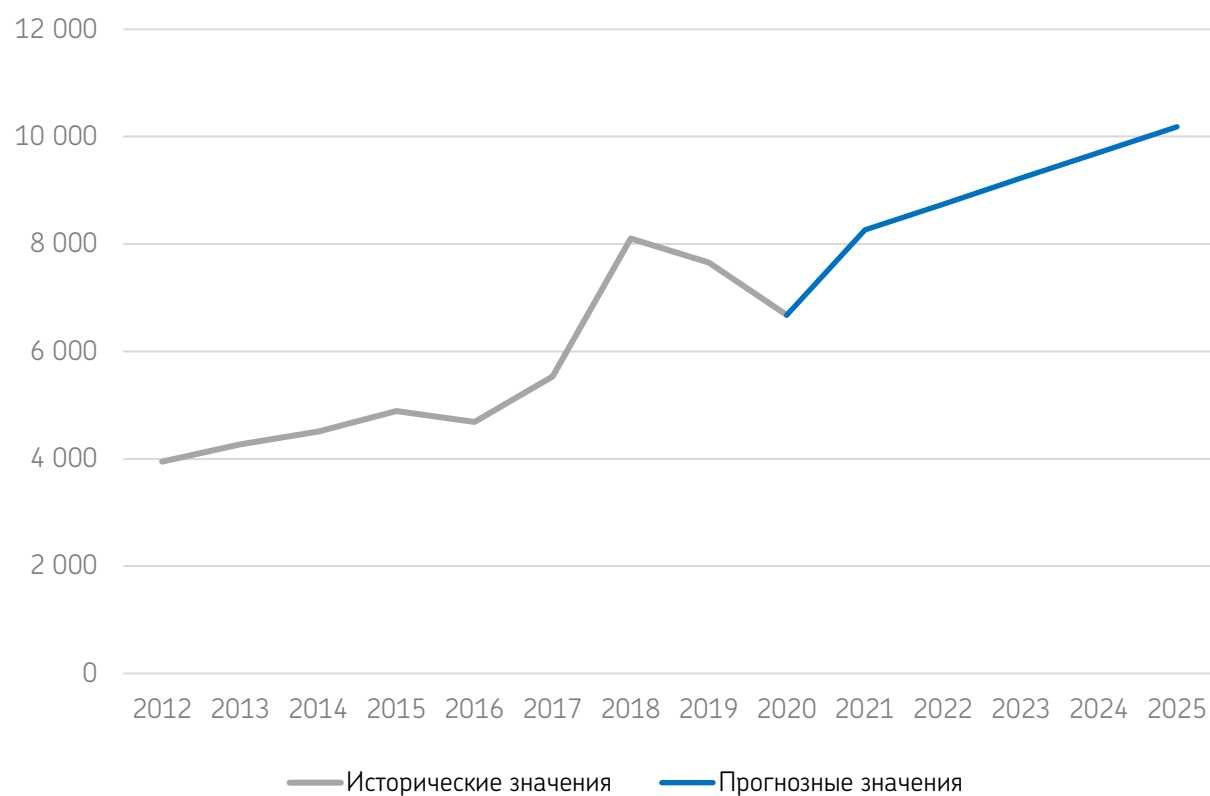
Российский рынок робототехники

Объем российского рынка робототехники был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «робототехника».

Прогноз российского рынка робототехники был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка робототехники в 2020 году составил около 6 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка робототехники могут составить около 9%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 10 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 21. Прогноз развития российского рынка робототехники в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

3. РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА

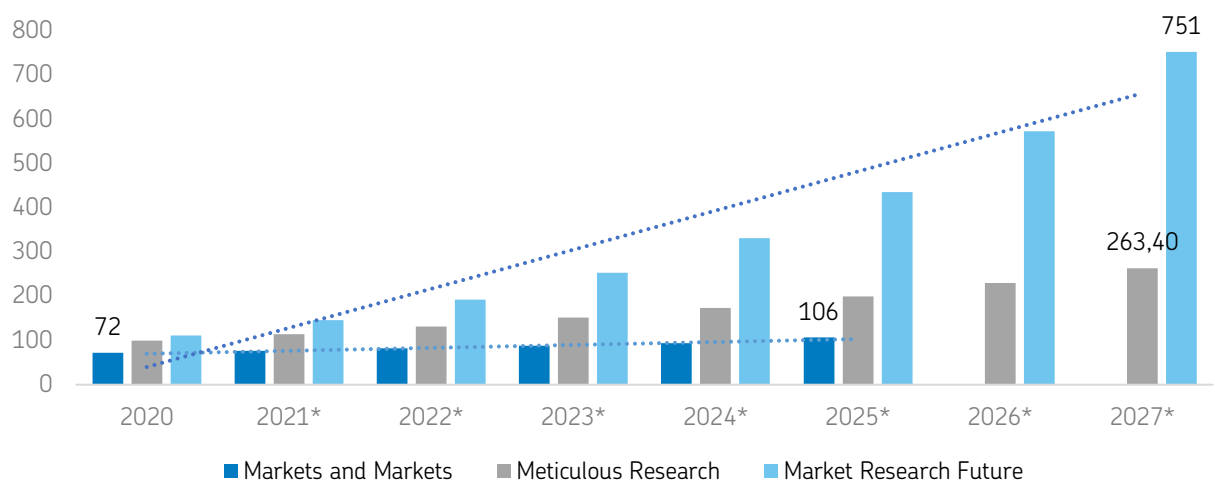
Промышленный интернет вещей (Промышленный интернет, Индустриальный интернет, Industrial Internet of Things, IIoT) представляет собой систему взаимосвязанных датчиков, приборов и других устройств, объединенных в сеть с промышленными приложениями, с целью удаленного контроля за производством и управления производственными процессами в автоматизированном режиме. Соединения IIoT позволяют собирать, перенаправлять и анализировать данные, что потенциально способствует повышению производительности и эффективности, а также другим экономическим преимуществам [12].

IIoT включает такие технологии как облачные вычисления (Cloud computing), киберфизические системы (Cyber-physical system), пограничные вычисления (Edge computing), мобильные технологии, межмашинную печать, 3D-печать (3D printing), передовую робототехнику (Advanced Robotics), большие данные (Big data), Интернет вещей (Internet of Things), технологии RFID и когнитивные вычисления, искусственный интеллект (Artificial Intelligence) и машинное обучение (Machine Learning), и др.[13] Система IIoT, как модульная многоуровневая архитектура цифровых технологий, включает в себя уровни устройств, услуг, интерфейса и сетевой уровень [12].

Мировой рынок промышленного интернета вещей

Ведущие мировые аналитические агентства прогнозируют, что среднегодовые темпы роста (CAGR) рынка промышленного интернета вещей будут варьироваться в пределах от 6% до 24% в период до 2027 года. Согласно наиболее оптимистичному прогнозу американского агентства Market Research Future, в 2027 году объем рынка промышленного интернета вещей может составить порядка \$ 751 млрд [70–72].

Рисунок 22. Прогноз развития рынка промышленного интернета вещей (\$ млрд)



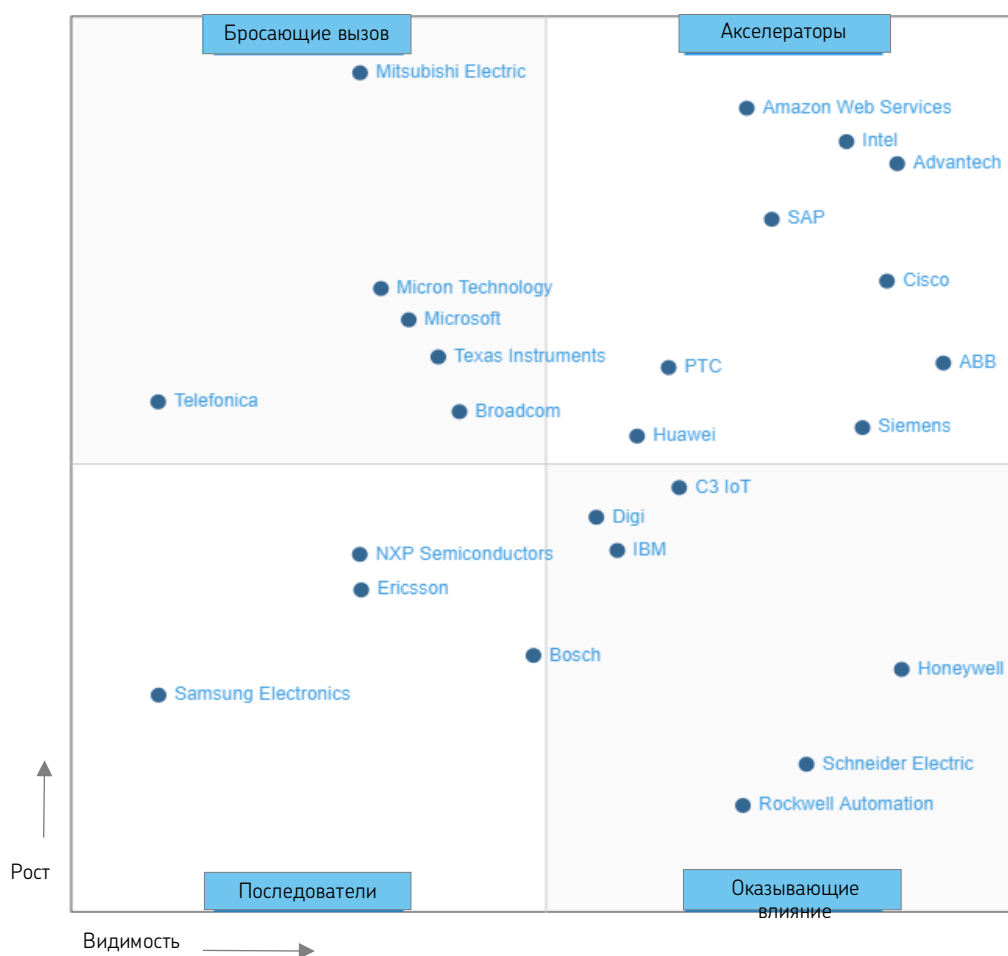
Источник: Markets and Markets, Market Research Future, Meticulous Research [70–72]

Meticulous Research отмечает, что в 2020 году крупнейшим рынком промышленного интернета вещей являлась Северная Америка. Большая доля этого региона в первую очередь объясняется присутствием крупных компаний-производителей IIoT, а также увеличением государственного финансирования развития IIoT. Ожидается, что Азиатско-

Тихоокеанский регион будет расти с максимальным среднегодовым темпом роста в период с 2021 года по 2027 год [70].

IoT ONE – исследовательская и консалтинговая компания, представляющая собой информационную платформу, посвященную промышленному Интернету вещей. Рейтинг «2020 Top 500 Industrial IoT Companies» («Топ-500 компаний экосистемы промышленного Интернета вещей –2020») является результатом анализа более 2000 поставщиков решений IIoT, цель которого состоит в том, чтобы определить 500 крупнейших компаний, оказывающих наибольшее влияние на экосистему индустриального интернета вещей. Критериями ранжирования являются «видимость» компании в рамках экосистемы IoT ONE и темпы роста [14].

Рисунок 23. Рейтинг компаний-провайдеров решений Индустриального интернета вещей IoT ONE 500



Источник: IoT ONE [14]

IIoT платформы

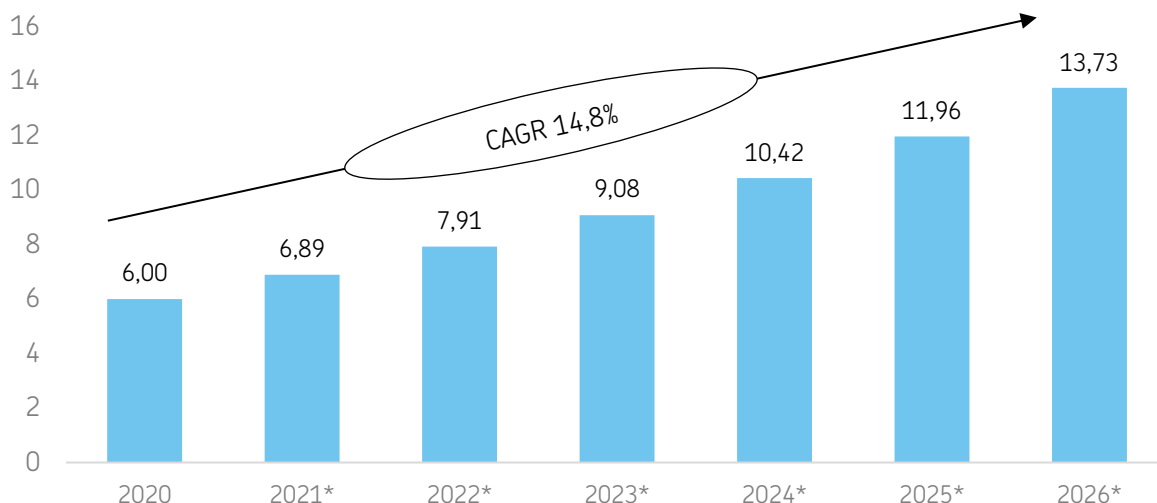
Опорой производства, основанного на цифровых данных, является платформа IIoT: аппаратный и программный набор инструментов, соединяющий устройства и оборудование и позволяющий управлять потоками данных и приложениями [15].

IIoT-платформы внедряются в качестве центральной основы дискретных производственных сред, обеспечивая дистанционное управление, возможности непрерывного мониторинга оборудования, предоставляя доступ к новым потокам данных и обеспечивая внедрение

новых возможностей, таких как предиктивное обслуживание, с целью повышения эффективности, прибыльности и производительности всех операций на предприятии, качества продукции.

По версии американской аналитической компании Valuates Reports, объем глобального рынка IIoT-платформ в 2020 году составил \$ 6 млрд и в период с 2021 по 2026 год будет расти с совокупным годовым темпом роста 14,8%. [16].

Рисунок 24. Прогноз развития рынка платформ промышленного интернета вещей в 2020–2026 годах (\$ млрд)



Источник: Valuates Reports [16]

В аналитических отчетах McKinsey и IoT Analytics отмечается, что цифровые промышленные IIoT-платформы начинают заменять производственные системы на основе IIoT, интегрируя в себе системы ERP, MES, PLM и CRM, с целью обеспечения единого представления конфигурации продукта и поддержки процесса проектирования до производства [17; 18]. Мониторинг в режиме реального времени, который на настоящем этапе эффективно обеспечивают IIoT-платформы, способствует повышению точности аналитики, внедрению машинного обучения и более обширной стратегии интеграции устаревшего оборудования на уровень PLC.

Производители ищут интеллектуальное связанное оборудование, позволяющее использовать IIoT на всех производственных площадках. Для этого приходится пересматривать бизнес-модели и стратегии продуктов, перестраивать существующие производственные линии, делая их более ориентированными на программное обеспечение.

Gartner – исследовательская и консалтинговая компания, специализирующаяся на рынках информационных технологий. Обзор компаний Gartner's Magic Quadrant («Магический квадрант Гартнера») представляет собой анализ определенного сегмента рынка. Для анализа используются две линейные прогрессивные экспертные шкалы – «полнота видения» (completeness of vision) и «способность реализации» (ability to execute). Каждый поставщик, попавший в рамки рассмотрения для исследуемого сегмента рынка по определённым правилам включения, оценивается по этим двум критериям, в итоговый отчет включено изображение с распределением поставщиков по четвертям [32].

Рисунок 25. «Магический квадрант Гартнера» в сегменте IoT платформ (2020 год)



Источник: Gartner [32]

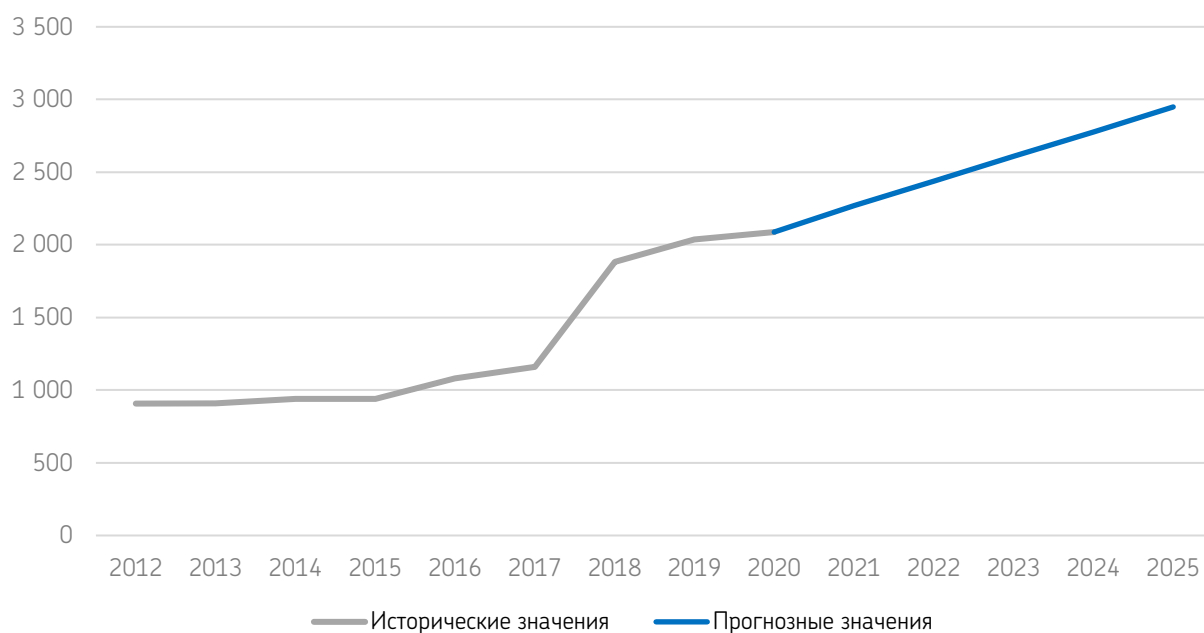
Российский рынок промышленного интернета

Объем российского рынка промышленного интернета был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «промышленный интернет».

Прогноз российского рынка промышленного интернета был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка промышленного интернета в 2020 году составил около 2 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка промышленного интернета могут составить около 7%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 3 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 26. Прогноз развития российского рынка промышленного интернета в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

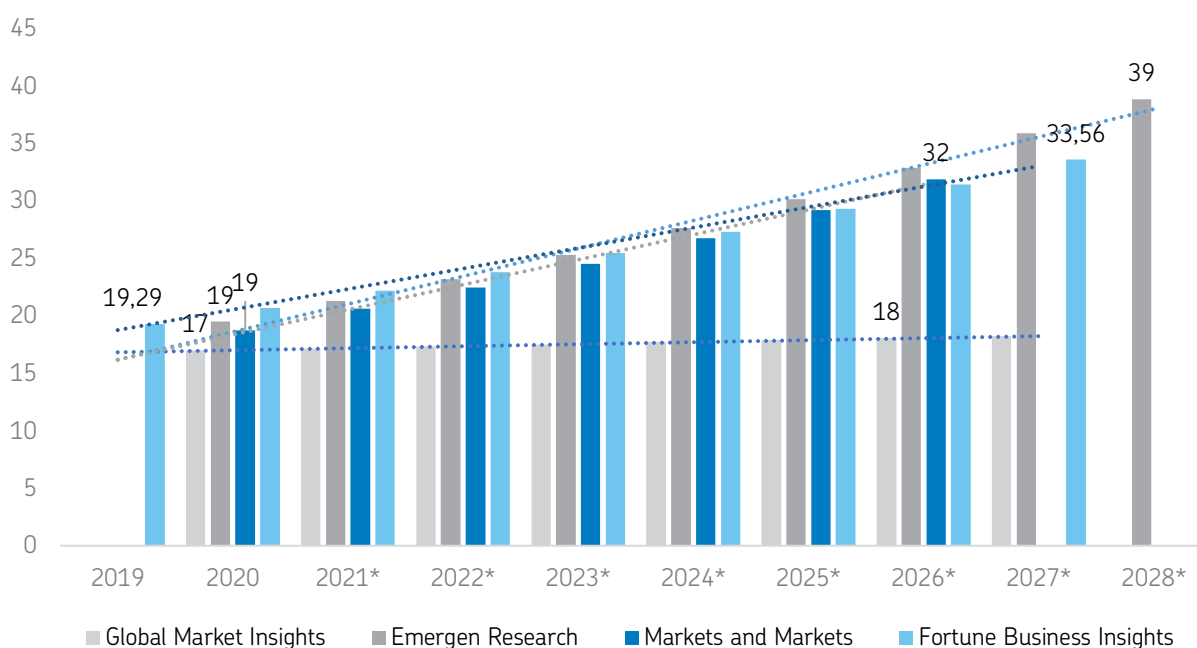
4. РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕНСОРИКИ

Промышленные сенсоры являются ключевой технологией по автоматизации производства и Индустрии 4.0 и представляют собой устройства, которые могут обнаружить события, изменения в окружающей среде и обеспечить соответствующий выходной сигнал.

Мировой рынок промышленной сенсорики

Ведущие мировые аналитические агентства прогнозируют, что среднегодовые темпы роста (CAGR) рынка промышленной сенсорики будут варьироваться в пределах 7,2–10% в период до 2028 года. Согласно наиболее оптимистичному прогнозу американского агентства Emergen Research, в 2028 году объем рынка промышленной сенсорики вещей составит порядка \$ 38,8 млрд [75–78].

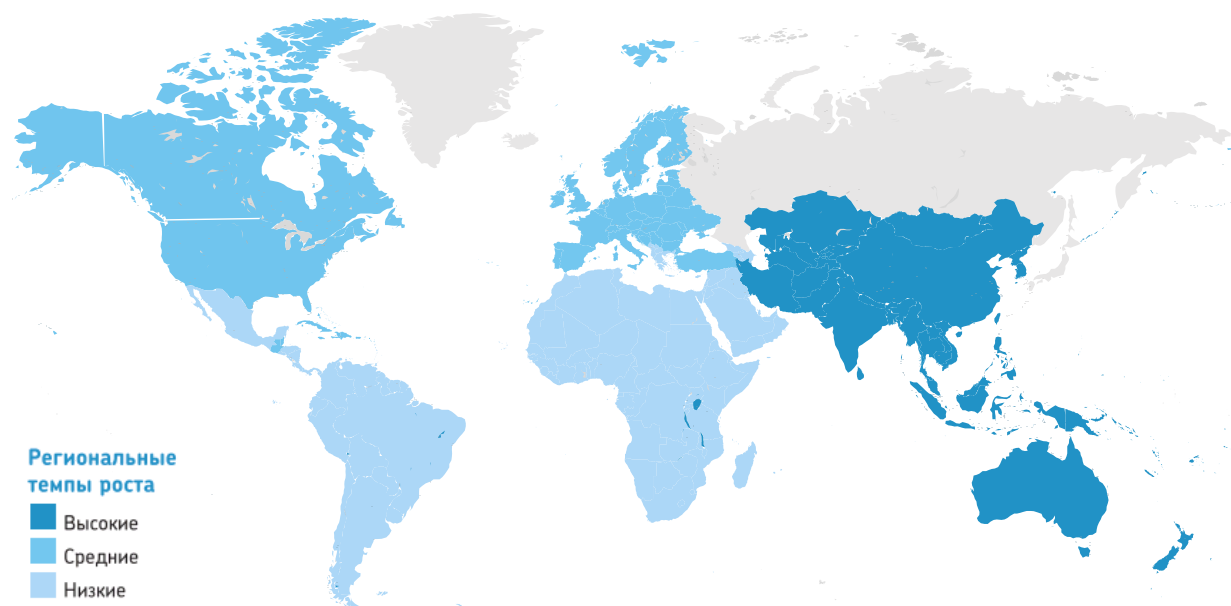
Рисунок 27. Прогноз развития рынка промышленной сенсорики (\$ млрд)



Источник: Global Market Insights, Fortune Business Insights, Emergen Research, Markets and Markets [75–78]

В период 2021–2024 ожидается, что наибольшая доля рынка промышленной сенсорики будет приходиться на Азиатско-Тихоокеанский регион. Среднегодовые темпы роста рынка в данном регионе достигнут высоких отметок во многом благодаря увеличению производств в Китае [74].

Рисунок 28. Темпы роста рынка промышленной сенсорики по регионам (2021–2024 годы)



Источник: Mordor Intelligence [74]

По данным Global Market Insights, различные правительственные инициативы будут стимулировать интеллектуальное производство в различных отраслях в странах с развитой экономикой, таких как Великобритания, Германия, Франция и Италия. За счет дополнительного финансирования правительства стремятся увеличить производственные мощности. Растущий уровень автоматизации вследствие модернизации производственных предприятий создаст большие возможности для производителей промышленных датчиков на рынке.

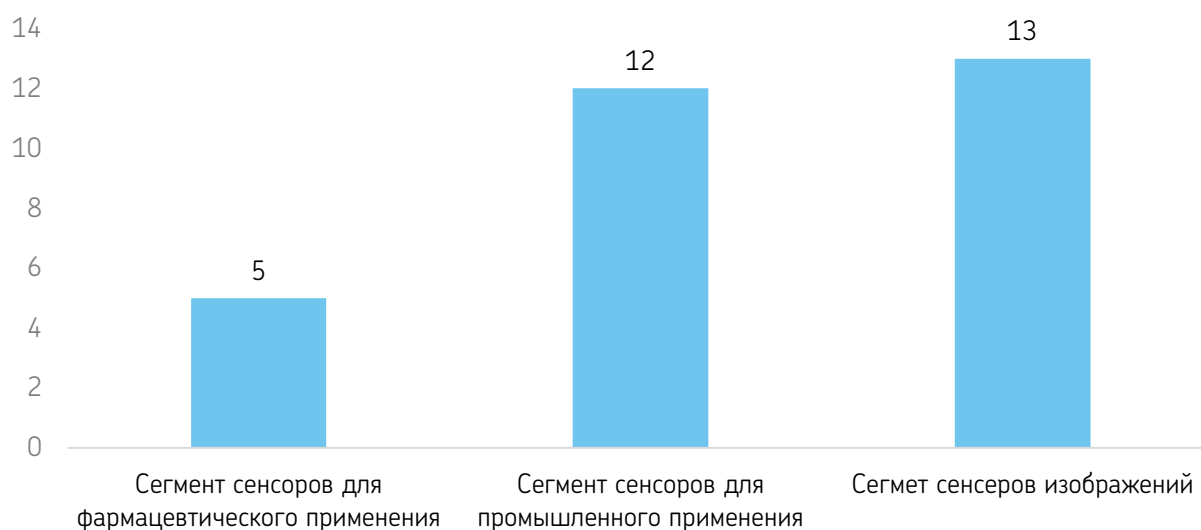
Кроме того, пандемия COVID-19 серьезно повлияла на рынок промышленных датчиков, спровоцировав снижение спроса со стороны таких отраслей, как нефтехимическая, нефтегазовая, горнодобывающая, и других.

Отмечается, что возрастающий спрос на датчики давления на предприятиях по производству продуктов питания и напитков может привести к увеличению выручки в данном сегменте. В пищевой промышленности требуется герметичная и вакуумная упаковка для обеспечения безопасности пищевых продуктов. Промышленные датчики давления обеспечивают заданное вакуумное давление в каждом продукте питания и напитке, который обрабатывается или упаковывается, независимо от нормального атмосферного давления.

Сегмент сенсоров для промышленного применения составил около 40% доли рынка промышленных датчиков в 2020 году, ожидаемые среднегодовые темпы роста в данном сегменте составят около 12% до 2027 года. Растущее внедрение датчиков Интернета вещей на производственных и перерабатывающих предприятиях является фактором, стимулирующим спрос в этом сегменте. Промышленные датчики на основе Интернета вещей помогают производителям осуществлять удаленный мониторинг производственных площадок, оптимизировать операционную эффективность и повышать безопасность рабочих и промышленных активов. Интеграция этих промышленных датчиков в производственные помещения помогает снизить затраты на содержание и обслуживание [75].

Ожидается, что наиболее быстрорастущим сегментом глобального рынка промышленной сенсорики в ближайшие 7 лет будет производство сенсоров изображения [75].

Рисунок 29. Среднегодовые темпы роста сегментов рынка промышленной сенсорики в 2021–2027 годах (%)



Источник: Global Market Insights [75]

Fortune Business Insights – исследовательская компания, предоставляет отчеты о развитии нишевых и устоявшихся рынков, экономические обзоры и отчеты о развитии технологий. Рейтинг «Top 10 Leading Companies in Industrial Sensors Market in the World» («Топ-10 ведущих мировых компаний на рынке промышленных сенсоров») посвящен ведущим игрокам, работающим на мировом рынке промышленных сенсорики [33].

Таблица 4. Топ-10 ведущих мировых компаний на рынке промышленных сенсоров в 2020 году

№	Компания	Страна	Выручка в 2020 году (\$ млрд)
1	ABB	Швейцария	5,2
2	Amphenol Corporation	США	8,6
3	Bosch Sensortec	Германия	0,08
4	First Sensor	Германия	0,18
5	Honeywell International	США	32,6
6	NXP Semiconductors	Нидерланды	8,6
7	Rockwell Automation	США	6,3
8	Siemens	Германия	64,03
9	STMicroelectronics	Швейцария	10,2
10	Texas Instruments	США	14,5

Источник: Fortune Business Insights [33]

Российский рынок промышленной сенсорики

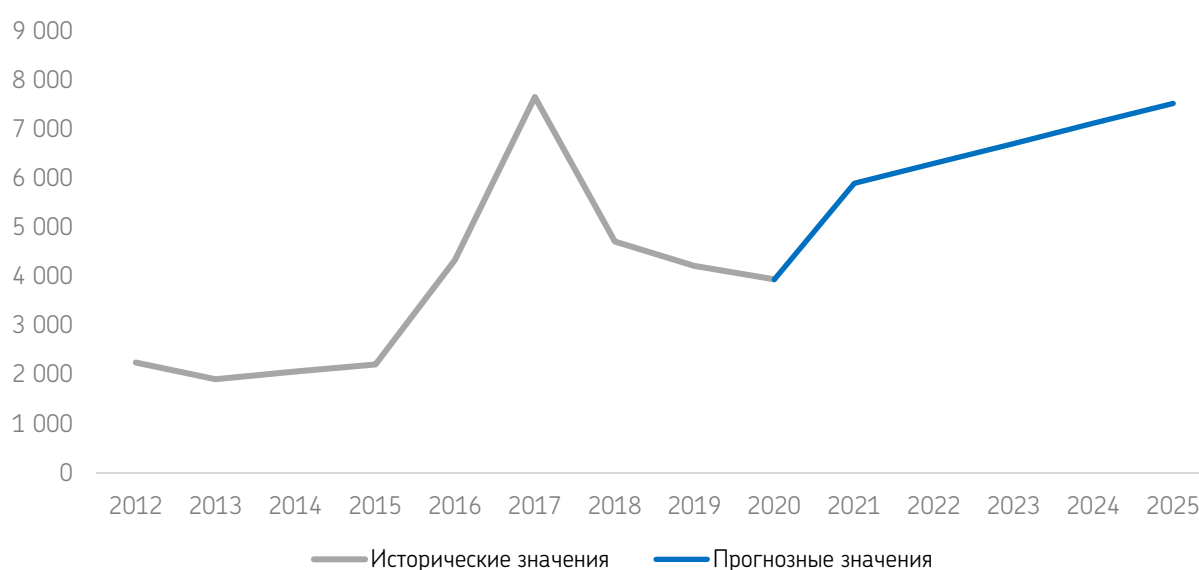
Объем российского рынка промышленной сенсорики был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей

деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «промышленная сенсорика».

Прогноз российского рынка промышленной сенсорики был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка промышленной сенсорики в 2020 году составил около 0,3 млрд. рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка промышленной сенсорики могут составить около 5%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 0,7 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 30 Прогноз развития российского рынка промышленной сенсорики в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

5. РЫНОК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработка и производство новой высокотехнологичной продукции предполагает применение новых материалов (Advanced materials), передовых материалов, в том числе композиционных, метаматериалов, металлопорошков для аддитивного производства.

Благодаря использованию новых материалов может создаваться продукция с новыми потребительскими характеристиками. Применение новых материалов будет содействовать повышению конкурентоспособности отдельных отраслей, например, авиастроения, судостроения, автомобилестроения, двигателестроения и др.

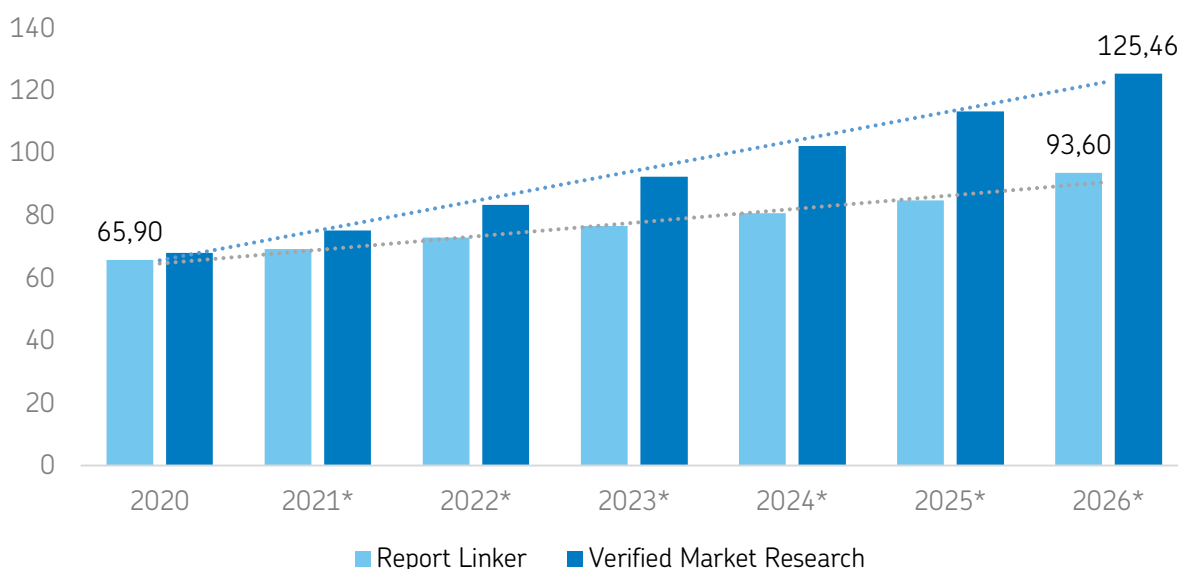
К ключевым сегментам рынка новых материалов «Технет» НТИ относятся:

- передовые сплавы (суперсплавы);
- передовые полимеры;
- передовые композиционные материалы;
- передовые керамические материалы;
- металлопорошки и металлопорошковые композиции;
- метаматериалы.

Мировой рынок новых материалов

Согласно усредненным прогнозам аналитических агентств, ожидаемые темпы роста рынка передовых материалов в ближайшие 6 лет составят около 6%, вследствие чего объемы рынка по разным оценкам увеличатся до отметки \$ 93,6–125,5 млрд [79; 80].

Рисунок 31. Прогноз развития рынка передовых материалов (\$ млрд)



Источник: Verified Market Research, Report Linker [79; 80]

Manufacturing Technology Insights – информационное издание, специализирующееся на освещении проблем производственных технологий. Материалы журнала посвящены таким тематикам как искусственный интеллект, Интернет вещей, 3D-печать, аэрокосмическое

производство и другое. В рейтинге «Top 10 Advanced Material Solution Companies – 2020» («Топ-10 компаний в области передовых материалов») авторы издания проанализировали наиболее успешных игроков рынка передовых материалов по итогам 2020 года [34].

Таблица 5. Топ-10 компаний-поставщиков передовых материалов 2020 года

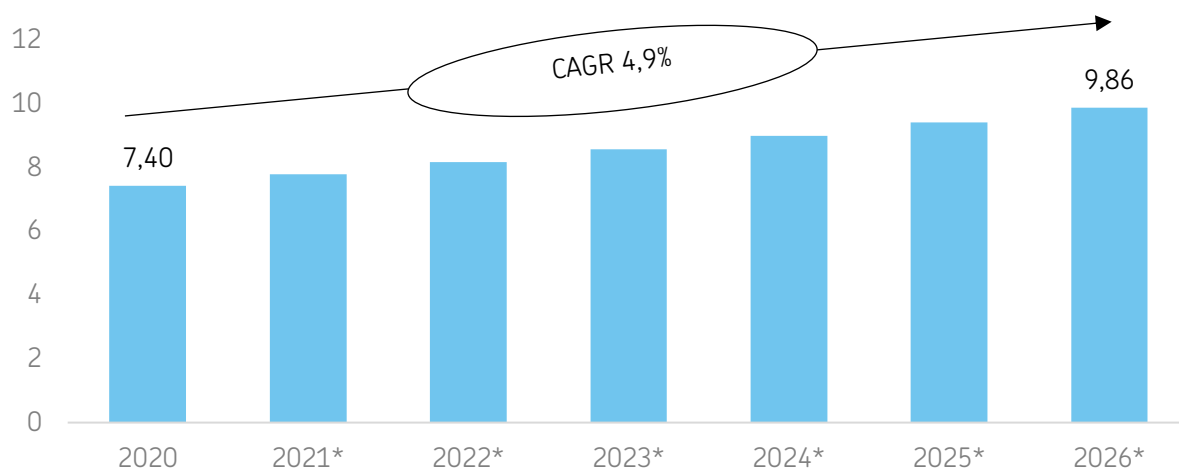
№	Компания	Страна	Выручка в 2020 году (\$ млрд)
1	3M Company	США	32,2
2	Air Products And Chemicals	США	8,9
3	Applied Materials Inc.	США	17,2
4	Ametek	США	4,5
5	Bayer AG	Германия	47,3
6	CPS Technologies Corporation	США	0,02
7	E.I. Du Pont De Nemours & Company	США	3,8
8	Kyocera Corporation	Япония	14,7
9	Murata Manufacturing Company	Япония	14,07
10	Wacker Chemie AG	Германия	1,5

Источник: Manufacturing Technology Insights [34]

Передовые сплавы (суперсплавы)

Согласно оценкам компании Research And Markets, в 2020 году объем глобального рынка передовых сплавов достиг отметки \$ 7,4 млрд. Темпы роста рынка передовых сплавов в ближайшие 6 лет могут составить около 5%, вследствие чего объемы рынка увеличатся до отметки \$ 9,9 млрд [81].

Рисунок 32. Прогноз развития рынка передовых сплавов (\$ млрд)



Источник: Report Linker, Reports and Data [81].

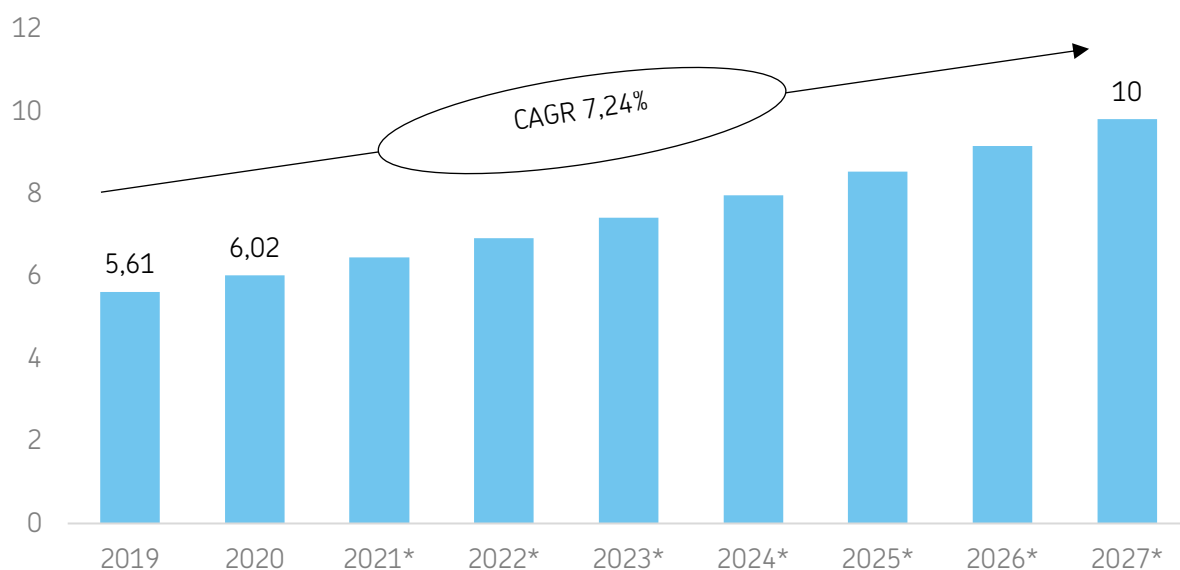
По данным Research And Markets, ожидается, что рынок передовых сплавов США достигнет \$ 1,9 млрд в 2021 году. В настоящее время на США приходится 25,35% мирового рынка. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 1,6 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 6,5%.

Ожидаемые темпы роста рынка передовых сплавов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 3,6% и 3,9% соответственно. Среди стран европейского региона Research And Markets

отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 4,1% в период до 2026 года. Прогнозируется, что в Европе будет наблюдаться стабильный рост рынка в период после пандемии COVID-19 из-за ожидаемого увеличения использования высокоэффективных материалов в автомобильной промышленности [81].

Объем рынка суперсплавов оценивался в 2020 году в \$ 6,02 млрд. Прогнозируется, что темпы роста данного рыночного направления могут составить около 7,2% в ближайшие 7 лет, что приведет к увеличению объема глобального рынка суперсплавов до \$ 9,8 млрд [83].

Рисунок 33. Прогноз развития рынка суперсплавов (\$ млрд)

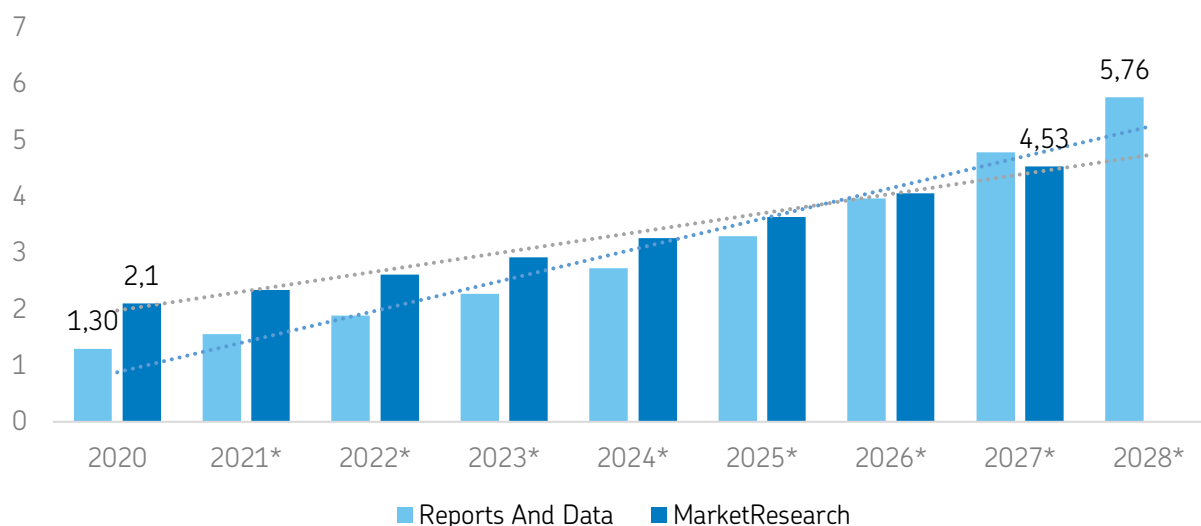


Источник: Maximize Market Research [83]

Передовые полимеры

По данным MarketResearch, объем рынка передовых полимеров в 2020 году достиг отметки \$ 2,1 млрд. Темпы роста рынка передовых полимеров в ближайшие 7-8 лет по разным оценкам составят около 11,6-20,5% [84; 85].

Рисунок 34. Прогноз развития рынка передовых полимеров (\$ млрд)

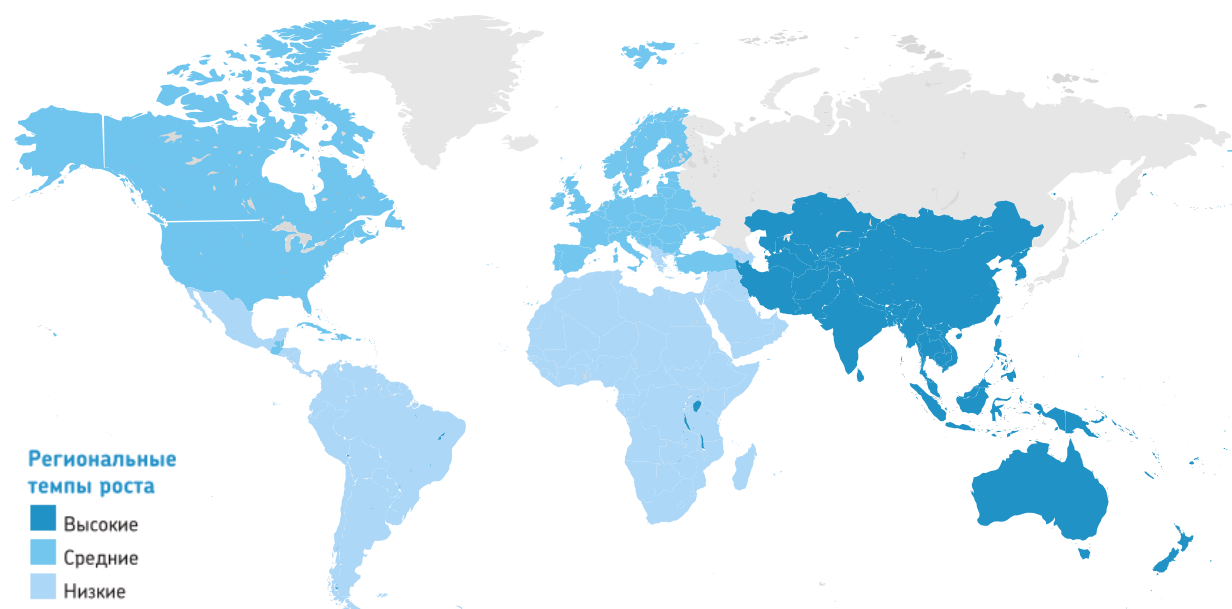


Источник: Reports And Data, MarketResearch [84; 85]

По данным MarketResearch, объем рынка передовых полимеров США составил \$ 0,62 млрд в 2020 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 0,8 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 11,2%.

Ожидаемые темпы роста рынка передовых сплавов в Японии и Канаде оцениваются немного ниже – 10,2% и 9,9% соответственно. Среди стран европейского региона R MarketResearch отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 8,5% в период до 2027 года [85].

Рисунок 35. Темпы роста рынка передовых полимеров по регионам (2021–2026 годы)

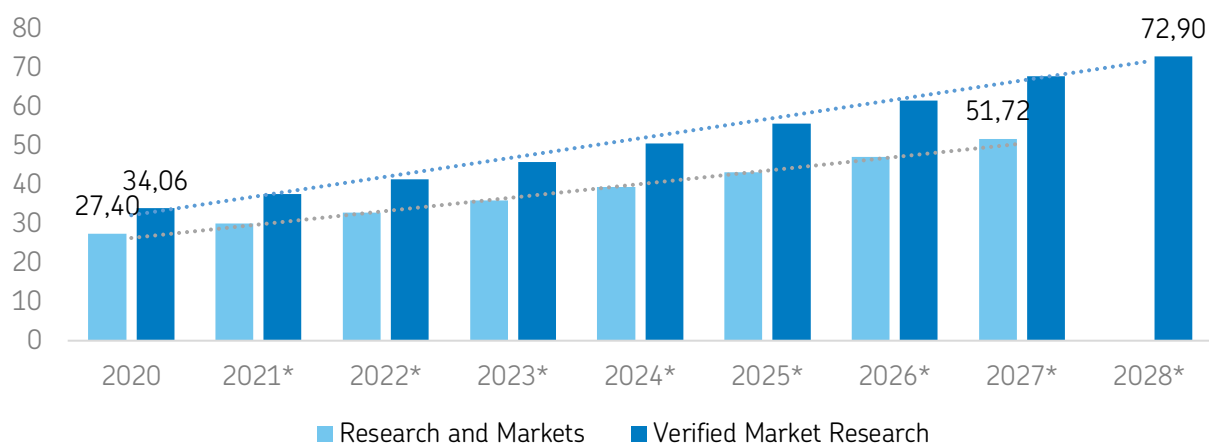


Источник: Market Research [85]

Передовые композиционные материалы

По разным оценкам, объем рынка композиционных материалов по состоянию на 2020 год составил от \$ 27,4 млрд до \$ 34 млрд. Предполагаемые темпы роста рынка передовых композитов, согласно разным прогнозам, в ближайшие 7-8 лет оцениваются на уровне 9,5-10,3%. К 2028 году объемы рынка могут вырасти до \$ 72,9 млрд [86; 87].

Рисунок 36. Прогноз развития передовых композиционных материалов (\$ млрд)

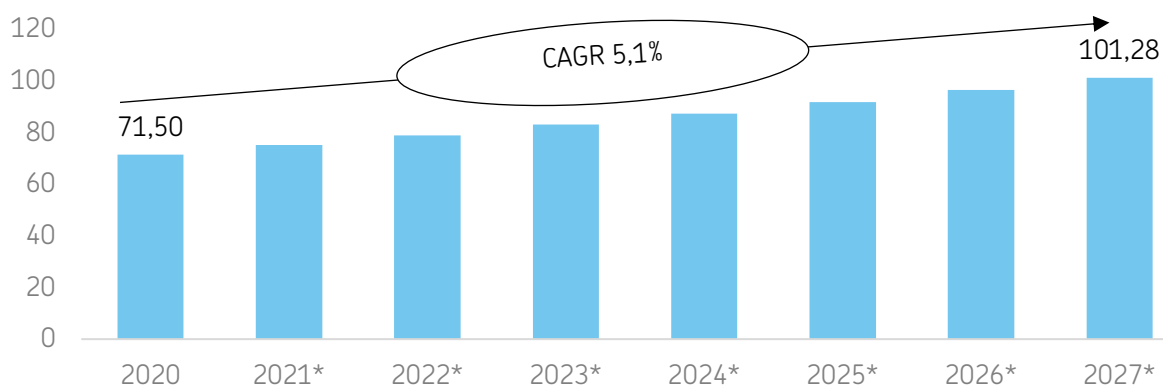


Источник: Verified Market Research, Research and Markets [86; 87]

Передовые керамические материалы

В соответствии с данными Research and Markets, объем глобального рынка передовых керамических материалов в 2020 году превысил \$ 70 млрд. К 2027 году агентство прогнозирует рост объемов данного рыночного сегмента до отметки \$ 101,2 млрд, вследствие развития рынка в исследуемом периоде со среднегодовыми темпами роста около 5,1% [88].

Рисунок 37. Прогноз развития рынка передовых керамических материалов (\$ млрд)

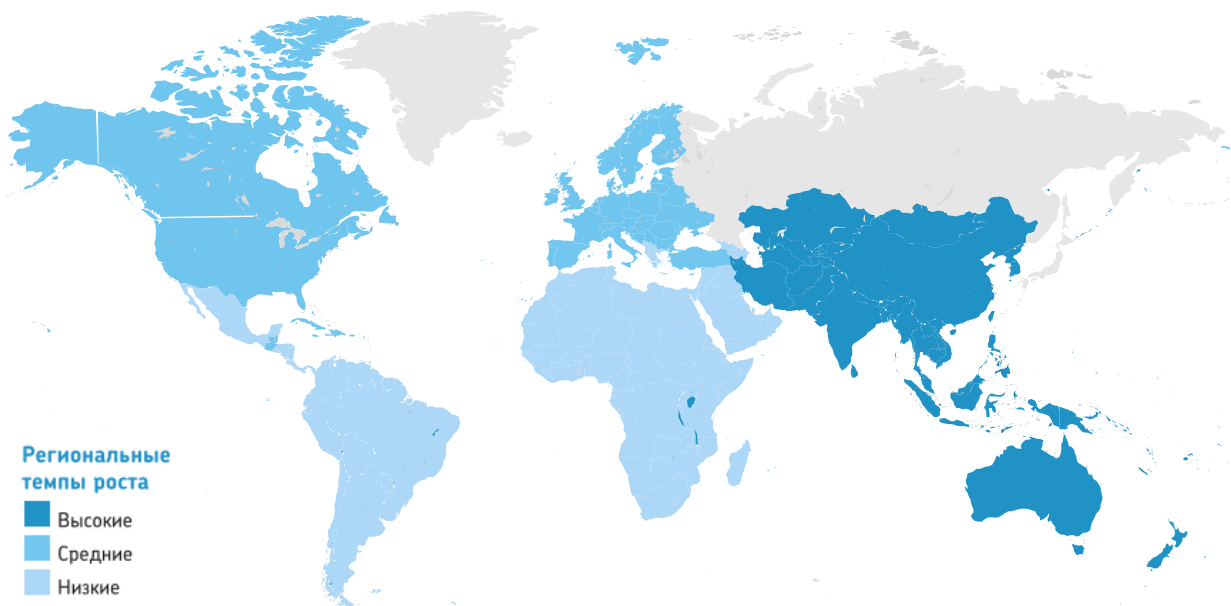


Источник: Research and Markets [88]

По данным Research and Markets, объем рынка передовых керамических материалов США составил \$ 19,4 млрд в 2020 году. Доля США на мировом рынке составила 27,1%. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 20,9 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 7,8%.

Ожидаемые темпы роста рынка передовых керамических материалов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 2,8% и 4,6% соответственно. Среди стран европейского региона Research and Markets отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 3,2% в период до 2027 года [88].

Рисунок 38. Темпы роста рынка передовых керамических материалов по регионам (2020–2027 годы)

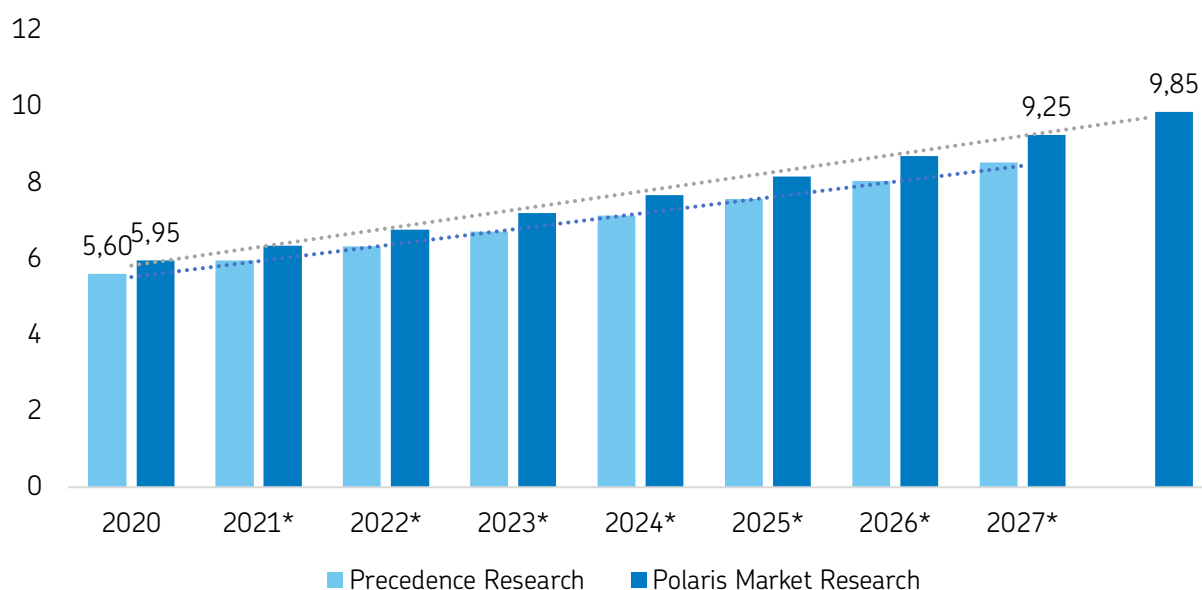


Источник: Research and Markets [19]

Металлопорошки и металлопорошковые композиции

Согласно данным нескольких аналитических агентств, объем рынка металлопорошков и металлопорошковых композиций по состоянию на 2020 год составил от \$ 5,6 млрд до \$ 5,9 млрд. Предполагаемые темпы роста рынка, согласно разным прогнозам, в ближайшие 7-8 лет оцениваются на уровне 6,1-6,1% [89; 90].

Рисунок 39. Прогноз развития рынка металлопорошков и металлопорошковых композиций (\$ млрд)

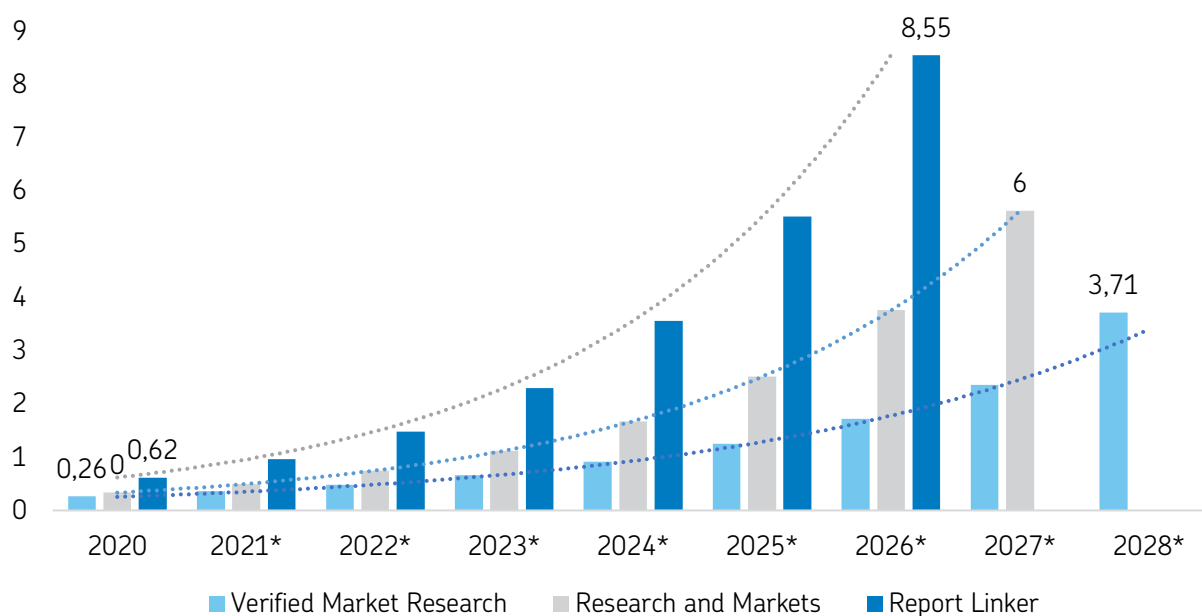


Источник: Precedence Research, Polaris Market Research [89; 90]

Метаматериалы

В соответствии с данными нескольких аналитических компаний, объем рынка метаматериалов по состоянию на 2020 год составил \$ 0,2–0,6 млрд. Ожидаемые темпы роста рынка, согласно разным прогнозам, в ближайшие 7–8 лет составят 37%– 55% [91–93].

Рисунок 40. Прогноз развития рынка метаматериалов (\$ млрд)



Источник: Research and Markets, Verified Market Research, Report Linker[91–93]

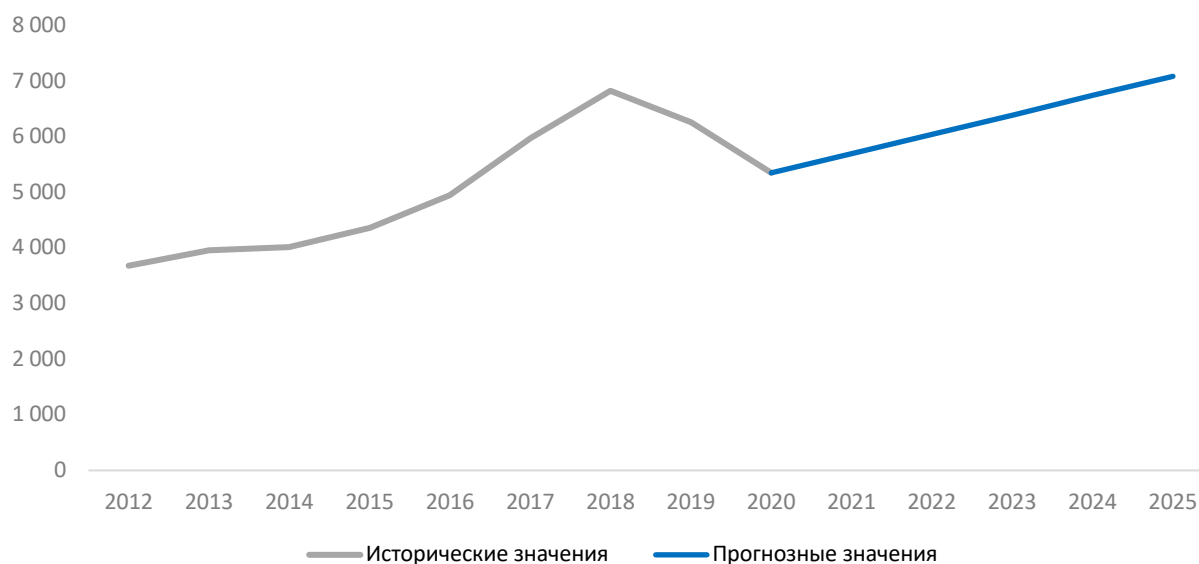
Российский рынок новых материалов

Объем российского рынка новых материалов был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «новые материалы».

Прогноз российского рынка новых материалов был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка новых материалов в 2020 году составил около 5 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка новых материалов могут составить около 5%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 7 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 41. Прогноз развития российского рынка новых материалов в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

6. РЫНОК АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

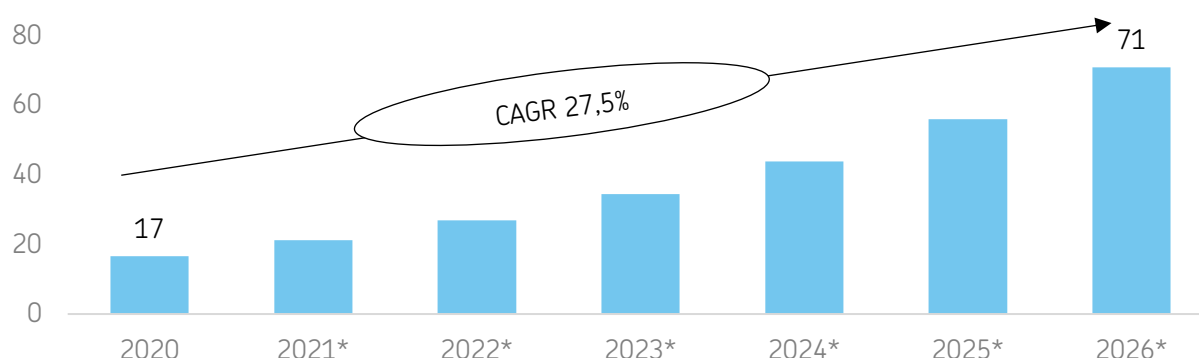
Аддитивные технологии и аддитивное производство представляют собой технологическое направление, объединяющие в себе специализированное оборудование – 3D-принтеры, технологии, подходы и способы работ с исходными материалами, а также разработку и эксплуатацию расходных материалов, и набор услуг по 3D-печати.

Данные технологии все чаще применяются в различных отраслях промышленности и становятся важным условием конкурентоспособности компании на глобальном рынке. Наряду с совершенствованием самих технологий можно наблюдать их встраивание во все большее количество производственных цепочек. Это позволяет активнее использовать цифровое проектирование, сочетая аддитивные и традиционные технологии, повышать эффективность производства в процессе создания новых конкурентоспособных продуктов и услуг.

Мировой рынок аддитивных технологий

В 2020 году объем рынка аддитивного производства и аддитивных материалов оценивался в \$ 16,6 млрд. Темпы роста данного рынка в ближайшие 6 лет могут составить около 28% [94].

Рисунок 42. Прогноз развития рынка аддитивного производства и аддитивных материалов (\$ млрд)

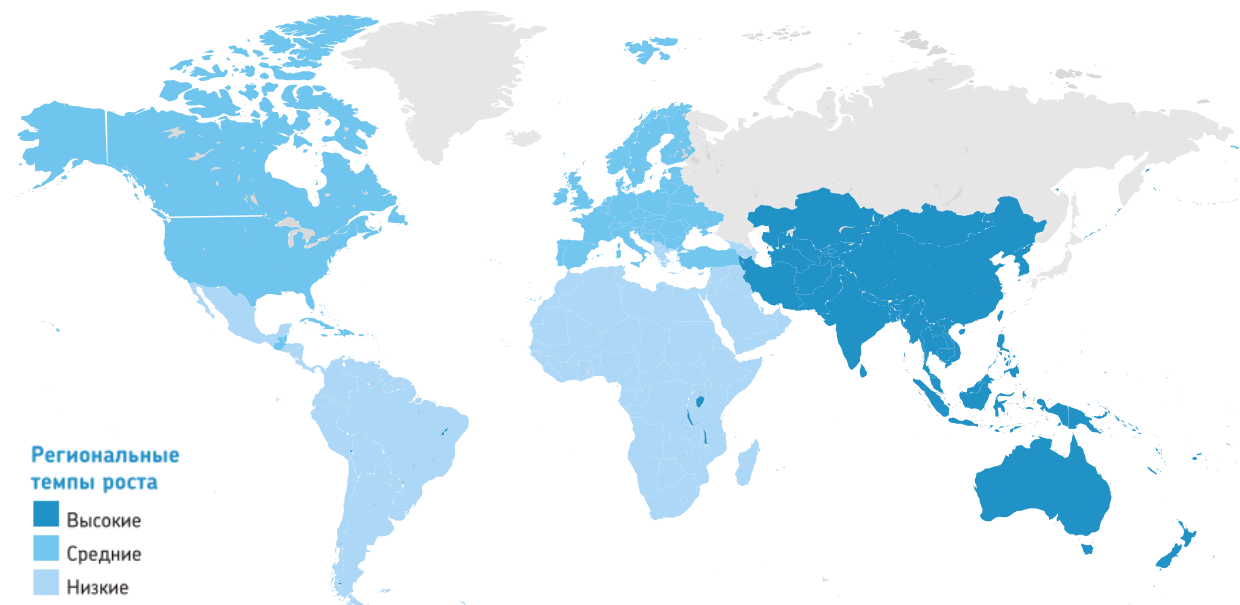


Источник: Mordor Intelligence [94].

Ожидается, что лидером на рынке аддитивного производства и аддитивных материалов с точки зрения темпов роста в период с 2020 года по 2025 год будет Азиатско-тихоокеанский регион.

Китай является крупнейшим рынком 3D-печати в регионе, что обеспечивается существенной государственной поддержкой, направленной на развитие отрасли. Правительство Китая финансирует перспективные и растущие компании, работающие на рынке аддитивного производства, осуществляет поддержку развития стандартов, регулирующих отрасль, и выделяет инвестиции на развитие кадровых ресурсов рынка [94].

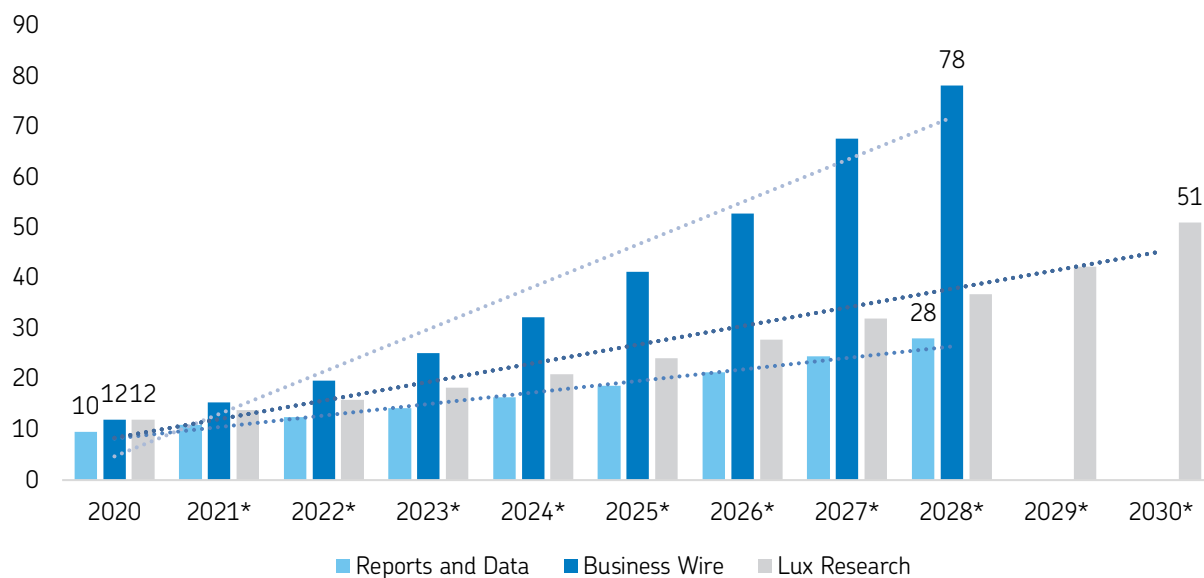
Рисунок 43. Темпы роста рынка аддитивного производства и аддитивных материалов по регионам (2020–2025 годы)



Источник: Mordor Intelligence [94]

Объем рынка аддитивного производства в 2020 году по разным оценкам достиг отметки \$ 9,5–12 млрд. В ближайшие 8–10 лет ожидаемые темпы роста рынка аддитивного производства могут составить около 14–28% [95–97].

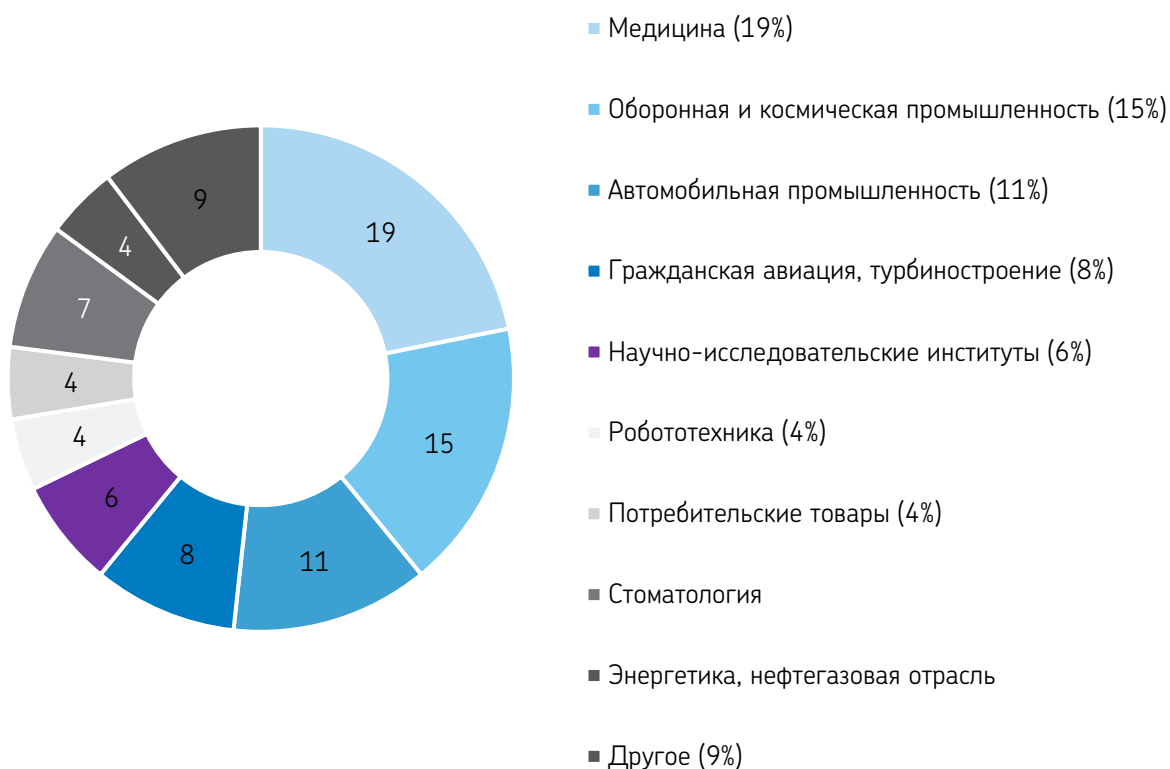
Рисунок 44. Прогноз развития рынка аддитивного производства (\$ млрд)



Источник: Business Wire, Reports and Data, Lux Research [95–97].

В 2020 году основным заказчиком поставщиков систем аддитивного производства была медицинская промышленность. Около 19% общей выручки от продаж приходилось на этот сектор [98].

Рисунок 45. Доля выручки от продаж продукции аддитивного производства по отраслям в 2020 году (%)



Источник: AMPOWER [98]

AMFG – компаний-поставщик MES-систем и программного обеспечения для автоматизации рабочих процессов промышленной 3D-печати. Обзор «The Additive Manufacturing Industry Landscape 2020» (Обзор индустрии аддитивного производства – 2020) представляет собой график, на котором продемонстрированы компании-лидеры отрасли аддитивного производства. На графике представлена 231 компания. Указанные компании специализируются на одном из направлений сферы аддитивного производства и предлагают B2B (Business to Business, «Бизнес для бизнеса») продукты и услуги [35].

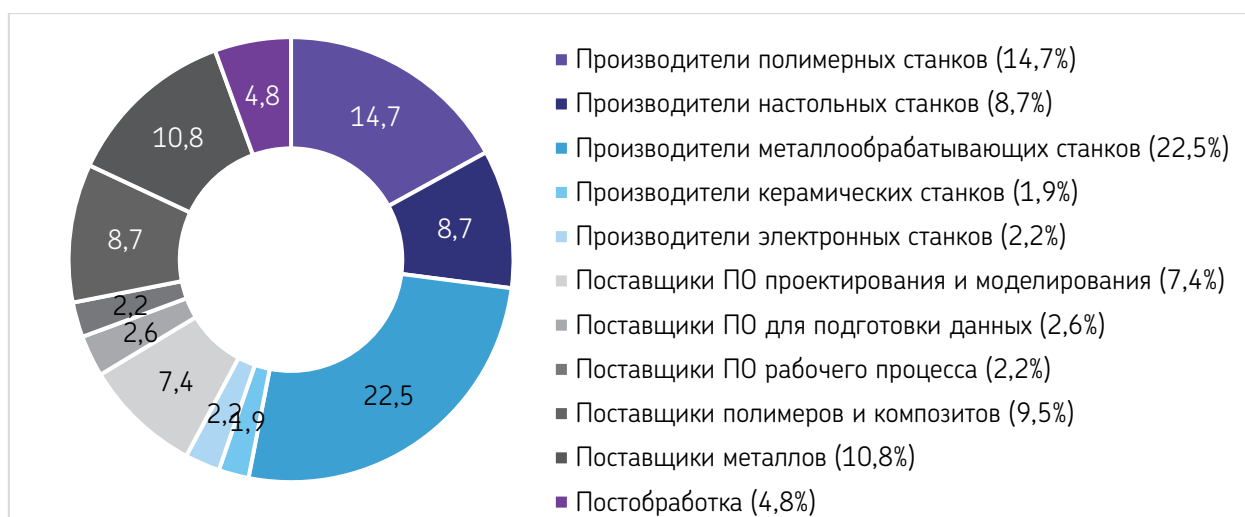
Рисунок 46. Топ компаний рынка аддитивного производства (2020 год)



Источник: AMFG [20]

Наибольшее число компаний, проанализированных AMFG, являлись представителями сегмента металлообрабатывающих станков (22,5%). Второй по количеству компаний группой стал сегмент полимерных станков, в него вошли около 14,7% производителей [20].

Рисунок 47. Сегментация компаний, представляющих рынок аддитивного производства



Источник: AMFG [20]

Manufactur3D (подразделение Advanced Manufactur3D Market Research And Media Private Limited) – ведущий онлайн-журнал Индии, нацеленный на бизнес-сообщество производителей в области 3D-печати в Индии и во всем мире. Журнал специализируется

на публикации новостей, отчетов об анализе рынка индийской и мировой индустрии 3D-печати. В рейтинге «The World's Largest 3D Printing Companies by Market Cap» («Крупнейшие в мире компании в области 3D-печати по рыночной капитализации») авторы издания проанализировали ключевые компании, предлагающие передовые технологические решения в сфере 3D-печати в 2020 году [36].

Таблица 6. Крупнейшие в мире компании-поставщики решений в области 3D-печати 2020 года

№	Компания	Страна	Рыночная капитализация (\$ млрд)
1	3D Systems	США	3,56
2	Protolabs	США	3,42
3	Nano Dimension	Израиль	2,53
4	Materialise NV	Бельгия	2,31
5	Stratasys Ltd.	Израиль	1,76
6	ExOne	США	743,44
7	Voxeljet	Германия	96,59
8	Organovo	США	76,65

Источник: Manufactur3D [36].

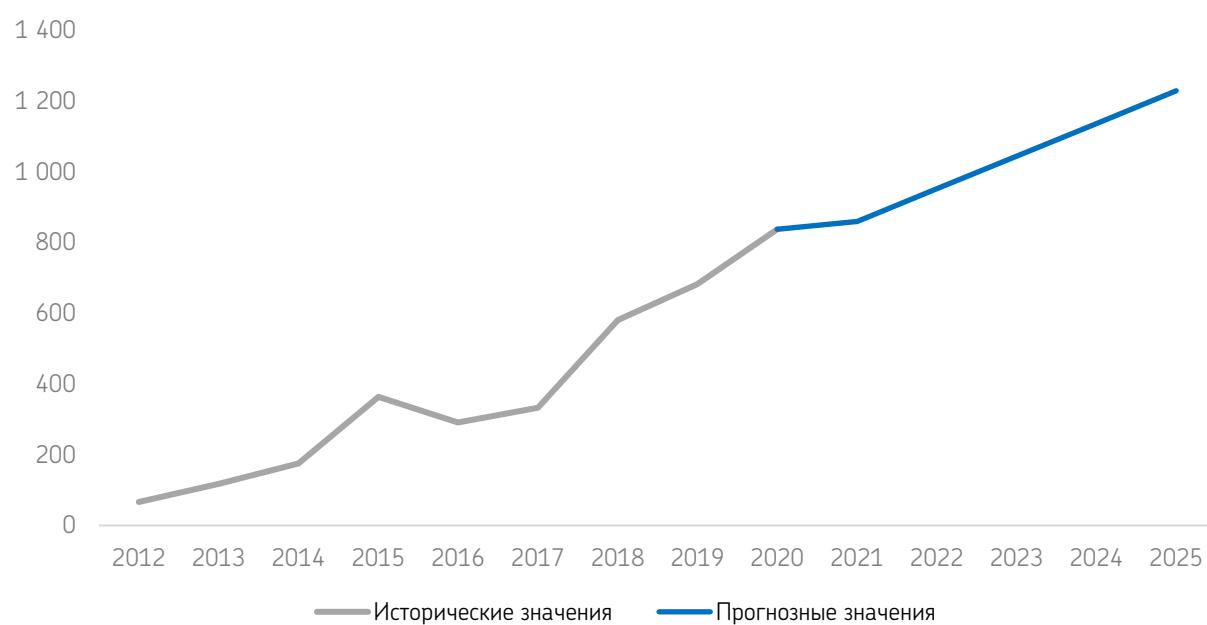
Российский рынок аддитивных технологий

Объем российского рынка аддитивных технологий был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «аддитивные технологии».

Прогноз российского рынка аддитивных технологий был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка аддитивных технологий в 2020 году составил около 0,8 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка аддитивных технологий могут составить около 8%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 1,2 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 48. Прогноз развития российского рынка аддитивных технологий в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

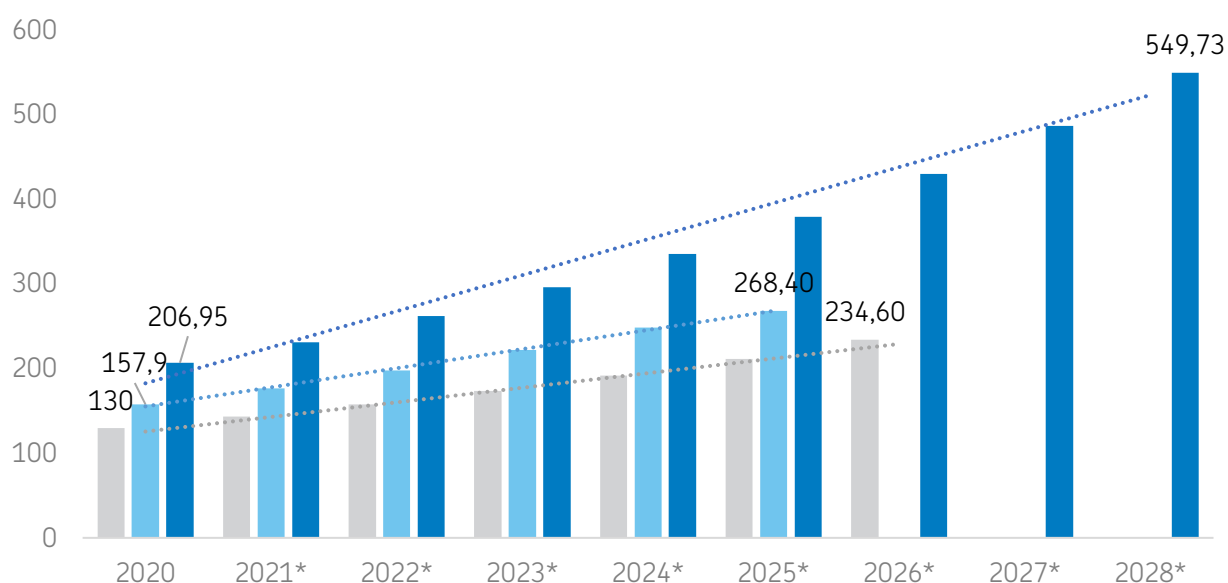
7. РЫНОК БОЛЬШИХ ДАННЫХ

«Большие данные» (Big Data) представляют собой: 1) массивы информации, характеризующиеся колоссальными объемами, стремительно увеличивающейся скоростью накопления данных, разнообразием их формата представления (как в виде структурированной, так и не структурированной информации); 2) комплекс инновационных методов и способов хранения и обработки данных с целью автоматизации, оптимизации бизнес-процессов, а также обеспечения принятия наиболее эффективных решений на основе накопленной информации [21].

Мировой рынок больших данных

В 2020 году по разным оценкам объем рынка больших данных составил от \$ 158 млрд до \$ 207 млрд. Согласно прогнозам нескольких аналитических компаний, ожидаемые темпы роста рынка больших данных в ближайшие 5–8 лет составят 10–13% [100; 101].

Рисунок 49. Прогноз развития рынка больших данных (\$ млрд)

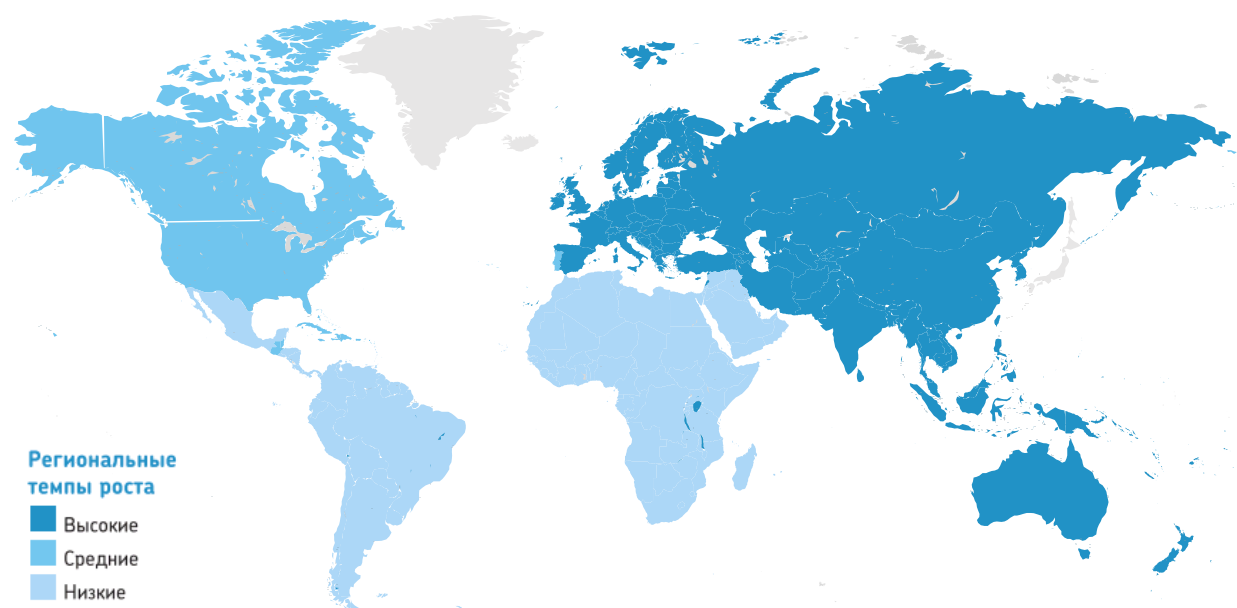


Источник: Market Data Forecast, Global Industry Analysts, Fortune Business Insights[100; 101]

По данным Fortune Business Insights, ожидается, что рынок больших данных США достигнет \$ 50,1 млрд в 2021 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 27,9 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 12,1%.

Ожидаемые темпы роста рынка передовых сплавов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 8,9% и 9,8% соответственно. Среди стран европейского региона Research And Markets отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 9,7% в период до 2026 года [100].

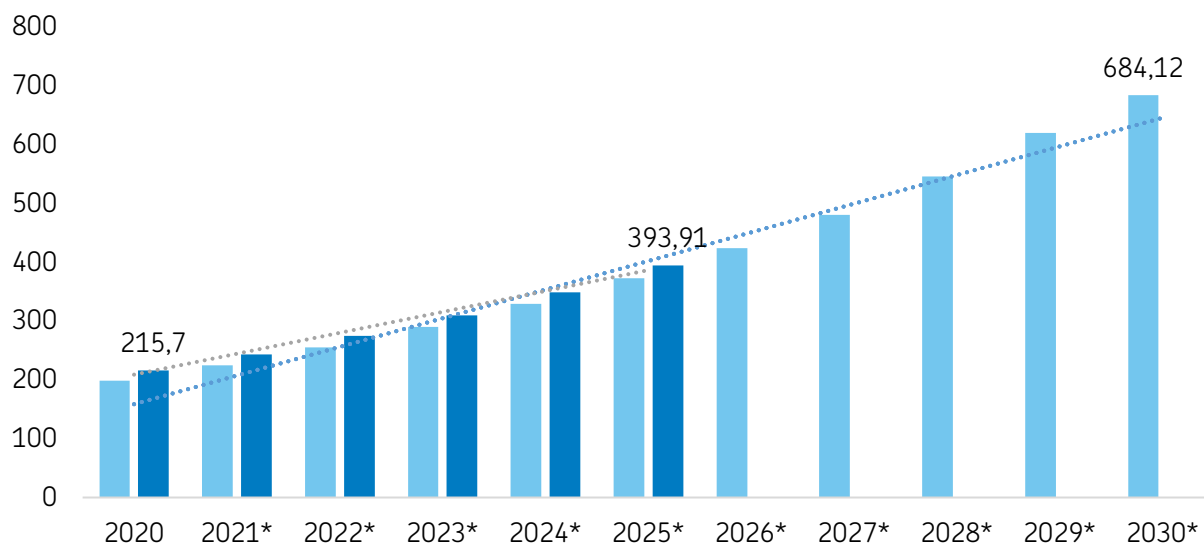
Рисунок 50. Темпы роста рынка больших данных по регионам (2021–2028 годы)



Источник: Fortune Business Insights [100]

В 2020 году объем рынка больших данных и бизнес-аналитики, по данным International Data Corporation, превысил в \$ 215 млрд. По разным оценкам, темпы роста рынка больших данных и бизнес-аналитики в ближайшие 5–10 лет могут составить от 12,8% до 13,5% [102; 104].

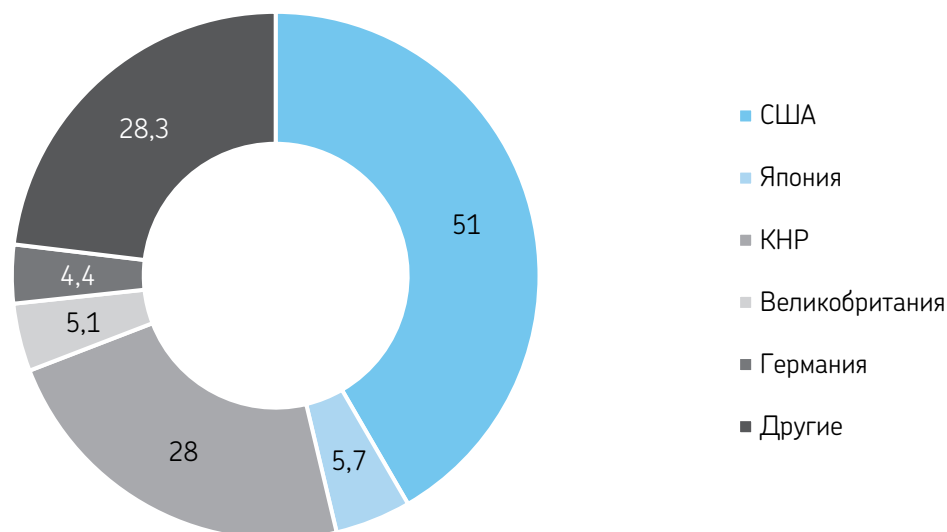
Рисунок 51. Прогноз развития рынка больших данных и бизнес-аналитики (\$ млрд)



Источник: Valuates Reports, International Data Corporation [102; 104]

В соответствии с прогнозом IDC, на рынке Аргентины будет наблюдаться самый быстрый рост в период с 2021 года по 2025 год со среднегодовым темпом роста 21,2%. Также ожидается, что среднегодовой темп роста Китая составит 20,1%, что позволит региону стать вторым по величине рынком к концу прогнозного периода [104].

Рисунок 52. Сегментация рынка больших данных и бизнес-аналитики по странам в 2020 году (%)



Источник: IDC [104]

BizVibe – канадская компания, специализирующаяся на бизнес-нетворкинге, B2B-маркетплейс. Платформа предназначена для помощи компаниям в поиске потенциальных клиентов, поставщиков, выявлении ключевых игроков рынка. Рейтинг «Топ 10 Big Data Analytics Companies 2020» («Топ-10 компаний в сфере аналитики больших данных 2020») сфокусирован на 10 крупнейших компаниях, занимающихся технологиями анализа больших данных на мировом рынке информационных технологий [22].

Таблица 7. Топ-10 компаний в сфере аналитики больших данных в 2020 году

№	Компания	Страна	Выручка (\$ млрд)	Количество сотрудников
1	IBM	США	77,14	352 600
2	Salesforce	США	17,1	49 000
3	Oracle Corporation	США	39,5	135 000
4	SAP	США	32,5	100 330
5	VMware	Германия	8,97	24 200
6	Alteryx	США	Н/Д	1 291
7	Tableau Software	США	1,2	4 181
8	Cloudera	США	0,794	3 000
9	Informatica	США	1,05	4 800
10	Qlik	США	0,750	2 500

Источник: BizVibe [22]

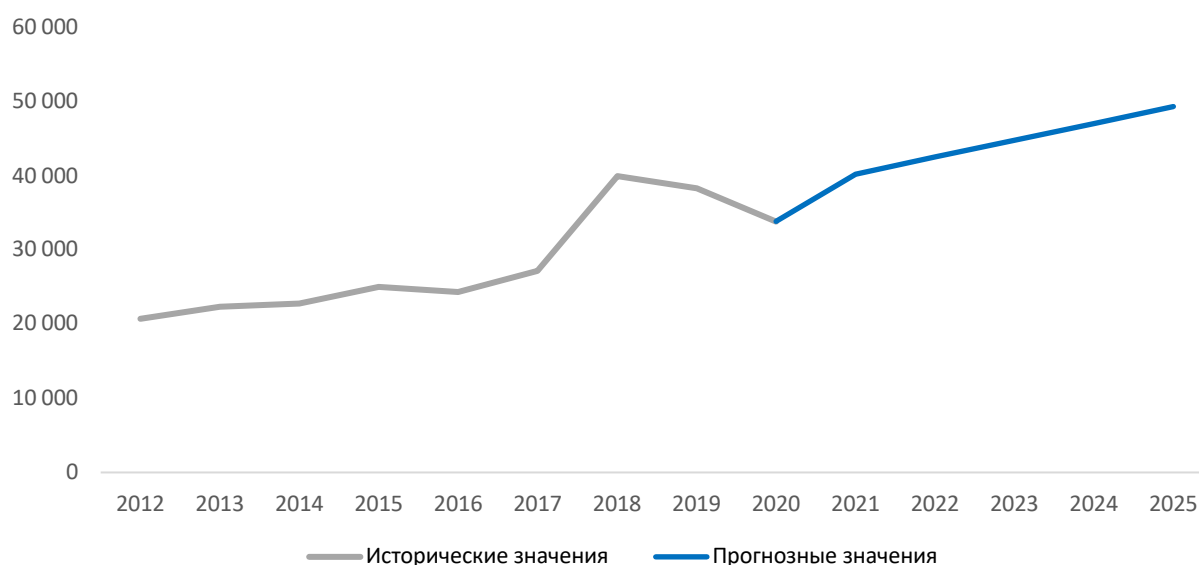
Российский рынок больших данных

Объем российского рынка больших данных был оценен на основе анализа финансово-экономических показателей деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка. Для анализа были использованы данные из открытых источников; в перечень компаний вошли российские коммерческие организации, применяющие в своей деятельности или разрабатывающие одну или несколько передовых производственных технологий по направлению «большие данные».

Прогноз российского рынка больших данных был построен на основе анализа исторических данных по финансово-экономическим показателям деятельности отечественных компаний – основных представителей рынка в период с 2012 года по 2020 год. Анализ данных и построение прогнозной модели было осуществлено с помощью алгоритмов машинного обучения.

Объем российского рынка больших данных в 2020 году составил около 33 млрд рублей. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка больших данных могут составить около 8%, что может обеспечить рост объемов рынка до отметки 49 млрд рублей к 2025 году.

Рисунок 53. Прогноз развития российского рынка больших данных в 2021–2025 годы (млн руб.)



Источник: Центр НТИ СПбПУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были рассмотрены 7 направлений рынка «Технет» (Передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы.

Развитие рынков передовых производственных технологий в отчете проанализировано как на мировом уровне в целом, так и на уровне России в частности. Анализ включал выявление состояния рынка в 2020 году, а также определение прогнозных значений развития соответствующего рыночного направления. Кроме того, были рассмотрены основные географические и технологические сегменты, а также исследованы организации – ведущие представители соответствующих рынков.

В результате проведенного анализа были сформулированы следующие выводы:

- На глобальном уровне в 2020 году на рынках «Технет» НТИ были отмечены разнонаправленные эффекты – в отношении одних рынков и рыночных направлений была зафиксирована положительная динамика выручки и увеличение темпов роста рынков, в то время как на других рынках наблюдалось сокращение объемов вырученных средств и снижение темпов развития. Данные тенденции во многом обусловлены влиянием пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19) и характером последствий экономического кризиса, так или иначе затронувшего все отрасли промышленности в 2020 году.
- Географическими лидерами по объемам выручки и среднегодовым темпам роста на различных рынках преимущественно являются США и Азиатско-Тихоокеанский регион.
- В России по состоянию на 2020 год рынок промышленного интернета и рынок аддитивных технологий развиваются с положительной динамикой. На остальных рынках «Технет» НТИ в России (цифровое проектирование и моделирование, робототехника, промышленная сенсорика, новые материалы, большие данные) было зафиксировано сокращение объемов по сравнению с показателями 2019 года. В перспективе прогнозируется рост рыночных сегментов по всем технологиям «Технет».

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий – FEA.RU. CompMechLab – Расчеты прочности, CAD/FEA/CFD/CAE Технологии, КЭ механика [Электронный ресурс]. – URL: <https://fea.ru/article/vysokotekhnologichnyj-kompyuternyj-inzhiniring-obzor-rynkov-i-tehnologij> (дата обращения: 29.12.2021).
2. Инженерное программное обеспечение (рынок России) [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_\(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8\)#.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.81.D0.B8.D0.B9.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B5_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.B8.D0.B7.D0.B2.D0.BE.D0.B4.D0.B8.D1.82.D0.B5.D0.BB.D0.B8_.D0.B8.D0.BD.D0.B6.D0.B5.D0.BD.D0.B5.D1.80.D0.BD.D0.BE.D0.B3.D0.BE_.D0.9F.D0.9E_.D0.BD.D0.B0.D1.87.D0.B0.D0.BB.D0.B](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8)#.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.81.D0.B8.D0.B9.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B5_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.B8.D0.B7.D0.B2.D0.BE.D0.B4.D0.B8.D1.82.D0.B5.D0.BB.D0.B8_.D0.B8.D0.BD.D0.B6.D0.B5.D0.BD.D0.B5.D1.80.D0.BD.D0.BE.D0.B3.D0.BE_.D0.9F.D0.9E_.D0.BD.D0.B0.D1.87.D0.B0.D0.BB.D0.B) (дата обращения: 29.12.2021).
3. Product Innovation Cloud Trends — Data from IDC's Innovation Survey [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US44334019> (дата обращения: 29.12.2021).
4. Global Computer-Aided Design (CAD) Industry [Электронный ресурс]. – URL: https://www.reportlinker.com/p05956425/Global-Computer-Aided-Design-CAD-Industry.html?utm_source=GNW (дата обращения: 30.12.2021).
5. Computer Aided Engineering Market | CAE Industry Report, 2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/computer-aided-engineering-cae-market> (дата обращения: 30.12.2021).
6. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cadcamcae.lv/N138/66-76.pdf> (дата обращения: 30.12.2021).
7. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Экспертно-аналитический доклад. – ИЦ «Технет» НТИ,
8. Аналитический обзор мирового рынка робототехники 2019 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf (дата обращения: 29.12.2021).
9. Service Robotics Market Valued at 14.39 Billion in 2019 | Growth, Trends, Forecasts (2020–2025) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/service-robotics-market> (дата обращения: 30.12.2020).

10. Industrial Robotics Market | Growth, Trends, and Forecasts (2020 - 2025) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industrial-robotics-market> (дата обращения: 30.12.2021).
11. Bombardier Services [Электронный ресурс]. – URL: <https://localhost:4503/content/bbd-transport/en/solutions-and-technologies/all-services.html> (дата обращения: 29.05.2021).
12. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework / Н. Boyes [et al.] // Computers in Industry. – 2018. – Vol. 101. – The industrial internet of things (IIoT). – P. 1-12.
13. Proposal of an automation solutions architecture for Industry 4.0 / М. Saturno [et al.] // DEStech Transactions on Engineering and Technology Research. – 2017. – Vol. 0.
14. IoT ONE 500. 2019 Top 500 Industrial IoT Companies [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iotone.com/iotone500> (дата обращения: 28.12.2021).
15. What Is an IIoT Platform? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mmsonline.com/columns/what-is-an-iiot-platform> (дата обращения: 21.01.2021).
16. Industrial IoT Platforms: What You Need to Know from Gartner's Magic Quadrant. Industrial IoT Platforms. – 2021.
17. Leveraging industrial software stack advancement for digital transformation [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Advanced%20Electronics/Our%20Insights/IIoT%20platforms%20The%20technology%20stack%20as%20value%20driver%20in%20industrial%20equipment%20and%20machinery/FINAL-REPORT-Leveraging-industrial-software-stack-advancement-for-digital-transformation.ashx> (дата обращения: 30.12.2021).
18. IIoT Platforms for Manufacturing Report 2019-2024: Get Your Copy Now! [Электронный ресурс]. – URL: https://iiot-analytics.com/product/iiot-platforms-manufacturing-market-report-2019-2024/?utm_source=Forbes&utm_medium=newsstory&utm_campaign=IIoTforManuf (дата обращения: 30.12.2021).
19. Global Additive Manufacturing & Materials Market | Growth, Trends and Forecasts (2020 - 2025) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-additive-manufacturing-and-material-market-industry> (дата обращения: 30.12.2021).
20. The Additive Manufacturing Industry Landscape 2019: 171 Companies Driving the Industry Forward [Updated]. The Additive Manufacturing Industry Landscape 2019. – 2019.

21. Definition of Big Data - Gartner Information Technology Glossary [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data> (дата обращения: 29.12.2021).
22. Verma A. Top 10 Big Data Companies to Target in 2019 [Updated] / A. Verma. – 2018.
23. 15 Biggest Robotics Companies in the World [Электронный ресурс]. – URL: <https://finance.yahoo.com/news/15-biggest-robotics-companies-world-181701991.html> (дата обращения: 30.12.2021).
24. The top five industrial IoT platforms – Microsoft and AWS make their moves [Электронный ресурс]. – URL: <https://laptrinhx.com/the-top-five-industrial-iot-platforms-microsoft-and-aws-make-their-moves-3603234956/> (дата обращения: 30.12.2021).
25. Top 10 Leading Companies in Industrial Sensors Market in the World by 2021- Fortune Business Insights - MarketWatch [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketwatch.com/press-release/top-10-leading-companies-in-industrial-sensors-market-in-the-world-by-2021--fortune-business-insights-2021-10-08> (дата обращения: 30.12.2021).
26. Top 10 Advanced Material Solution Companies - 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://advanced-materials.manufacturingtechnologyinsights.com/vendors/top-advanced-materials-solution-companies.html> (дата обращения: 30.12.2021).
27. The Additive Manufacturing Landscape 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://amfg.ai/whitepapers/the-additive-manufacturing-landscape-2020-report/> (дата обращения: 30.12.2021).
28. The World's Largest 3D Printing Companies by Market Cap: Protolabs, 3D Systems on Top - MANUFACTUR3D [Электронный ресурс]. – URL: <https://manufactur3dmag.com/the-worlds-largest-3d-printing-companies-by-market-cap-protolabs-3d-systems-on-top/> (дата обращения: 30.12.2021).
29. Engineering Software Market to Expand at a CAGR of ~13% [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.transparencymarketresearch.com/engineering-software-market.html> (дата обращения: 30.12.2021).
30. Itd R. and M. Engineering Software Market by Software, Application and Geography - Global Drivers, Restraints, Opportunities, Trends, and Forecast up to 2026 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5185455/engineering-software-market-by-software> (дата обращения: 30.12.2021).
31. Inc G.I.A. Global Engineering Software (CAD, CAM, CAE, AEC, & EDA) Market to Reach \$50.2 Billion by 2026 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-engineering-software-cad-cam-cae-aec--eda-market-to-reach-50-2-billion-by-2026--301324209.html> (дата обращения: 30.12.2021).

32. Computer-Aided Design (CAD) Software Market Reach USD 16.6 Bn by 2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vynzresearch.com/ict-media/computer-aided-design-cad-software-market> (дата обращения: 30.12.2021).
33. 3D CAD Software Market Size, Share, Trends, Opportunities & Forecast [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/3d-cad-software-market/> (дата обращения: 30.12.2021).
34. Global Computer-Aided Design (CAD) Industry [Электронный ресурс]. – URL: https://www.reportlinker.com/p05956425/Global-Computer-Aided-Design-CAD-Industry.html?utm_source=GNW (дата обращения: 30.12.2021).
35. Computer Aided Engineering Market Size Report, 2021-2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/computer-aided-engineering-cae-market> (дата обращения: 30.12.2021).
36. Inc G.I.A. Global Computer Aided Engineering (CAE) Market to Reach \$8.7 Billion by 2026 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-computer-aided-engineering-cae-market-to-reach-8-7-billion-by-2026--301321641.html> (дата обращения: 30.12.2021).
37. Global Computer Aided Engineering (CAE) Market 2021-2025 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.reportlinker.com/p05881098/Global-Computer-Aided-Engineering-CAE-Market.html?utm_source=GNW (дата обращения: 30.12.2021).
38. Computer Aided Manufacturing Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/computer-aided-manufacturing-market> (дата обращения: 30.12.2021).
39. High Performance Computing (HPC) Market Size, Share and Global Forecast to 2025 | COVID-19 Impact Analysis | MarketsandMarkets [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/Quantum-High-Performance-Computing-Market-631.html> (дата обращения: 30.12.2021).
40. High-Performance Computing (HPC) Market Size, Share & Forecast.
41. Hyperion: HPC Server Market Ekes 1 Percent Gain in 2020, Storage Poised for 'Tipping Point' [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.hpcwire.com/2021/05/12/hyperion-hpc-server-market-ekes-1-percent-gain-in-2020-storage-poised-for-tipping-point/> (дата обращения: 30.12.2021).
42. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. HPC-серверы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cadcamcae.lv/N146/71-79.pdf> (дата обращения: 30.12.2021).
43. High-Performance Computing Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL:

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/high-performance-computing-market> (дата обращения: 30.12.2021).

44. Digital Twin Market Size Global forecast to 2026 | MarketsandMarkets™ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html> (дата обращения: 30.12.2021).
45. Digital Twin Market Size & Growth Report, 2021-2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-twin-market> (дата обращения: 30.12.2021).
46. Digital Twin Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-twin-market> (дата обращения: 30.12.2021).
47. Global Digital Twin Market By Type, By Application, By Industry, By Regional Outlook, Industry Analysis Report and Forecast, 2021 - 2027 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchandmarkets.com/reports/5345548/global-digital-twin-market-by-type-by?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=p82ck8&utm_campaign=1571631+-+Global+Digital+Twin+Market+Report+2021%3a+Market+Size+is+Expected+to+Reach+%2463.5+Billion+by+2027%2c+Rising+at+a+Growth+Rate+of+of+41.7%25&utm_exec=chdo54prd (дата обращения: 30.12.2021).
48. Factors F.&. Global Cloud-based Product Lifecycle Management (PLM) Market Will Reach to USD 91.8 Billion by 2026: Facts & Factors [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/09/08/2293304/0/en/Global-Cloud-based-Product-Lifecycle-Management-PLM-Market-Will-Reach-to-USD-91-8-Billion-by-2026-Facts-Factors.html> (дата обращения: 30.12.2021).
49. Product Lifecycle Management Market Size Report 2021-2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/product-lifecycle-management-market> (дата обращения: 30.12.2021).
50. Itd R. and M. Product Lifecycle Management (PLM) Software Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4622328/product-lifecycle-management-plm-software> (дата обращения: 30.12.2021).
51. Product Lifecycle Management Market Size, Opportunities & Forecast.
52. Robotics Market Size, Statistics (2021-26) | Industry Trends, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/robotics-market> (дата обращения: 30.12.2021).
53. Global Robotics Market (2020 to 2026) - by Component, Type, End-user and Region - ResearchAndMarkets.com | Business Wire [Электронный ресурс]. – URL:

<https://www.businesswire.com/news/home/20210419005583/en/Global-Robotics-Market-2020-to-2026---by-Component-Type-End-user-and-Region---ResearchAndMarkets.com> (дата обращения: 30.12.2021).

54. Global Robotics Market to Grow at 20.6% During 2021-2026 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.imarcgroup.com/global-robotics-market> (дата обращения: 30.12.2021).
55. Industrial Robotics Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industrial-robotics-market> (дата обращения: 30.12.2021).
56. Industrial Robots Market Size & Share | Global Report [2028] [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/industrial-robots-market-100360> (дата обращения: 30.12.2021).
57. Industrial robotics market revenue worldwide 2018-2028 | Statista [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/760190/worldwide-robotics-market-revenue/> (дата обращения: 30.12.2021).
58. Bieller D.S. World Robotics 2021 / D.S. Bieller. – 2021. – P. 43.
59. Service Robotics Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/service-robotics-market> (дата обращения: 30.12.2021).
60. Industrial IoT (IIoT) Market Worth \$263.4 Billion by 2027- [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/09/30/2306043/0/en/Industrial-IoT-IIoT-Market-Worth-263-4-Billion-by-2027-Market-Size-Share-Forecasts-Trends-Analysis-Report-with-COVID-19-Impact-by-Meticulous-Research.html> (дата обращения: 30.12.2021).
61. Industrial IoT Market Size, Share and Trends Forecast to 2026 | MarketsandMarkets™ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-internet-of-things-market-129733727.html> (дата обращения: 30.12.2021).
62. Industrial IoT Market Size, Trends and Growth by Forecast to 2027| MRFR [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/industrial-internet-of-things-market-2135> (дата обращения: 30.12.2021).
63. Industrial Sensors Market (2021 - 2026) | COVID Impact - Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industrial-sensors-market> (дата обращения: 31.12.2021).
64. Industrial Sensors Market Size, Global Forecast Report 2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/industrial-sensors-market/amp> (дата обращения: 31.12.2021).

65. Industrial Sensor Market Share , Growth | Forecast Report by 2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.emergenresearch.com/amp/industry-report/industrial-sensors-market> (дата обращения: 31.12.2021).
66. Industrial Sensors Market Size Share COVID 19 Impact Analysis By Type Temperature Sensor Proximity Sensor Pressure Sensor Position Sensor Motion Sensor Level Sensor Gas and Chemical Sensor Humidity Sensor Flow Sensor Others By End Use Industry Discrete Process and Regional Forecast 2020 2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/amp/industry-reports/industrial-sensors-market-100591> (дата обращения: 31.12.2021).
67. Industrial Sensors Market Size global forecast to 2026 | MarketsandMarkets™ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-sensor-market-108042398.html> (дата обращения: 31.12.2021).
68. Advanced Materials Market Size, Share, Trends, Opportunities & Forecast.
69. Advanced Materials Market Research Report by Material Type, by End User, by Region - Global Forecast to 2026 - Cumulative Impact of COVID-19 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.reportlinker.com/p06080193/Advanced-Materials-Market-Research-Report-by-Material-Type-by-End-User-by-Region-Global-Forecast-to-Cumulative-Impact-of-COVID-19.html> (дата обращения: 31.12.2021).
70. Global High Performance Alloys Market Report 2021: Market [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/10/13/2313364/28124/en/Global-High-Performance-Alloys-Market-Report-2021-Market-to-Reach-9-8-Billion-by-2026-Rise-of-Lightweighting-as-a-Part-of-the-Long-Term-Manufacturing-Strategy-to-Benefit-HPA-Demand.html> (дата обращения: 31.12.2021).
71. Global Super alloys Market : Industry Analysis and Forecast 2019-2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-super-alloys-market/28267/> (дата обращения: 31.12.2021).
72. Data, <https://www.reportsanddata.com> R. and. Smart Polymers Market [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/smart-polymers-market> (дата обращения: 31.12.2021).
73. Smart Polymers [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.marketresearch.com/Global-Industry-Analysts-v1039/Smart-Polymers-14450731/> (дата обращения: 31.12.2021).
74. Advanced Composites Market Size, Trends, Opportunities & Forecast.
75. Itd R. and M. Advanced Composites - Global Market Trajectory & Analytics [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4804517/advanced-composites-global-market-trajectory> (дата обращения: 31.12.2021).

76. Markets R. and. World Advanced Ceramics Market Report 2021: U.S. Accounts for Over 27.1% of Global Market Size in 2020, While China is Forecast to Grow at a 7.8% CAGR for the Period of 2020-2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/08/26/2286823/28124/en/World-Advanced-Ceramics-Market-Report-2021-U-S-Accounts-for-Over-27-1-of-Global-Market-Size-in-2020-While-China-is-Forecast-to-Grow-at-a-7-8-CAGR-for-the-Period-of-2020-2027.html> (дата обращения: 31.12.2021).
77. Research P. Metal Powder Market Size Surpass Around US\$ 8.52 Bn by 2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/01/12/2156678/0/en/Metal-Powder-Market-Size-Surpass-Around-US-8-52-Bn-by-2027.html> (дата обращения: 31.12.2021).
78. Metal Powder Market Size | Global Industry Analysis Report, 2021 - 2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/metal-powder-market> (дата обращения: 31.12.2021).
79. Research G.I. Global Metamaterials Market 2021-2026 (Impact of Covid-19) – Energy Siren / G.I. Research.
80. Metamaterials - Global Market Trajectory & Analytics [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4805188/metamaterials-global-market-trajectory-and> (дата обращения: 31.12.2021).
81. Metamaterial Technologies Market Size, Trends, Opportunities & Forecast.
82. Additive Manufacturing and Materials Market Analysis| Industry Growth 2021 to 2026 – Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-additive-manufacturing-and-material-market-industry> (дата обращения: 31.12.2021).
83. Global Additive Manufacturing Market Generated \$12 Billion Revenue in 2020, and is Forecast to Reach \$78 Billion by 2028 - ResearchAndMarkets.com [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20200914005395/en/Global-Additive-Manufacturing-Market-Generated-12-Billion-Revenue-in-2020-and-is-Forecast-to-Reach-78-Billion-by-2028---ResearchAndMarkets.com> (дата обращения: 31.12.2021).
84. Data, <https://www.reportsanddata.com> R. and. Additive Manufacturing Market [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/additive-manufacturing-market> (дата обращения: 31.12.2021).
85. Research L. Lux Research Forecasts the 3D Printing Market Will Reach \$51 Billion in 2030 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.luxresearchinc.com/press-releases/lux-research-forecasts-the-3d-printing-market-will-reach-51-billion-in-2030> (дата обращения: 31.12.2021).

86. Additive Manufacturing Report - 2021-Management-Summary [Электронный ресурс]. – URL: <https://additive-manufacturing-report.com/wp-content/uploads/2021/03/AMPOWER-Report-2021-Management-Summary.pdf> (дата обращения: 31.12.2021).
87. Big Data Analytics Market Size Share and Covid 19 Impact Analysis By Component Software Hardware and Services By Application Data Discovery and Visualization Advanced Analytics and Others By Vertical BFSI Government Retail Manufacturing IT Telecom Healthcare and Life Sciences and Others and Regional Forecast 2021 2028 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/amp/big-data-analytics-market-106179> (дата обращения: 31.12.2021).
88. ltd M.D.F. Big Data Market | Size, Trends, Forecast | 2021-2026 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.marketdataforecast.com/> (дата обращения: 31.12.2021).
89. Big Data & Business Analytics Market To Reach USD 684.12 Billion By 2030, Growing At A CAGR of 13.5% - Valuates Reports [Электронный ресурс]. – URL: <https://finance.yahoo.com/news/big-data-business-analytics-market-140000660.html> (дата обращения: 31.12.2021).
90. Global Spending on Big Data and Analytics Solutions Will Reach \$215.7 Billion in 2021, According to a New IDC Spending Guide [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48165721> (дата обращения: 31.12.2021).