



Технологический отрыв Китая

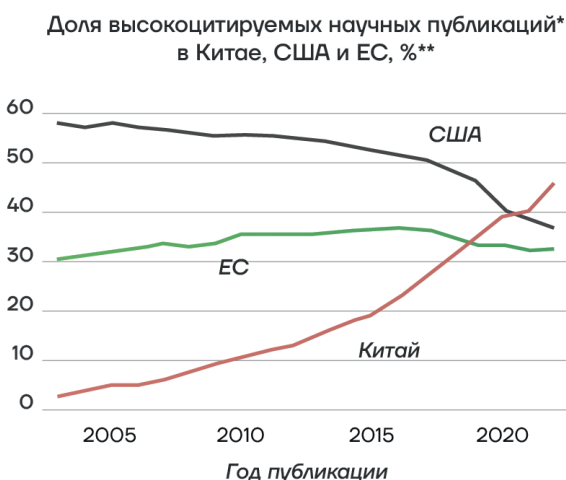
**Альтернатива Западу
в науке и патентах**

- ▶ Китай превращается в научно-техническую сверхдержаву.
- ▶ За период 1996–2020 годов страна увеличила инвестиции в исследования и разработки на 3299%.
- ▶ Государство стало мировым лидером по количеству высокоцитируемых научных публикаций во многих технологических областях.
- ▶ КНР укрепила свои позиции в подготовке и привлечении ведущих специалистов в области искусственного интеллекта, сократив отставание от США.
- ▶ Кроме того, Китай занял первое место в мире по количеству действующих внутренних патентов на изобретения и по числу международных заявок по Договору о патентной кооперации.

Китай закладывает основы для того, чтобы стать ведущей мировой научно-технической державой. Пекин наращивает расходы на научные исследования и разработки, уделяя значительное внимание технологическим кадрам. В результате КНР вышла в лидеры по количеству регистрируемых патентов. Кроме того, страна заняла первое место в мире по числу научных публикаций во многих областях передовых технологий.

Научные публикации

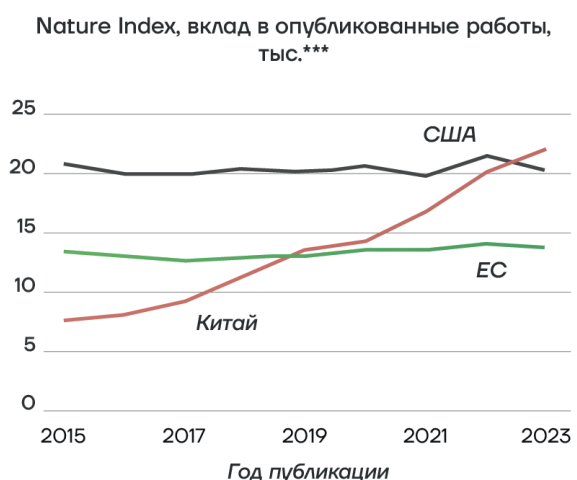
Мировые лидеры по количеству научных публикаций



* Топ 1% по количеству цитирований, Web of Science

** Данные по странам, указанным авторами публикаций. Сумма может превышать 100% из-за публикаций, подготовленных в соавторстве

Источники: Nature; Clarivate; Web of Science

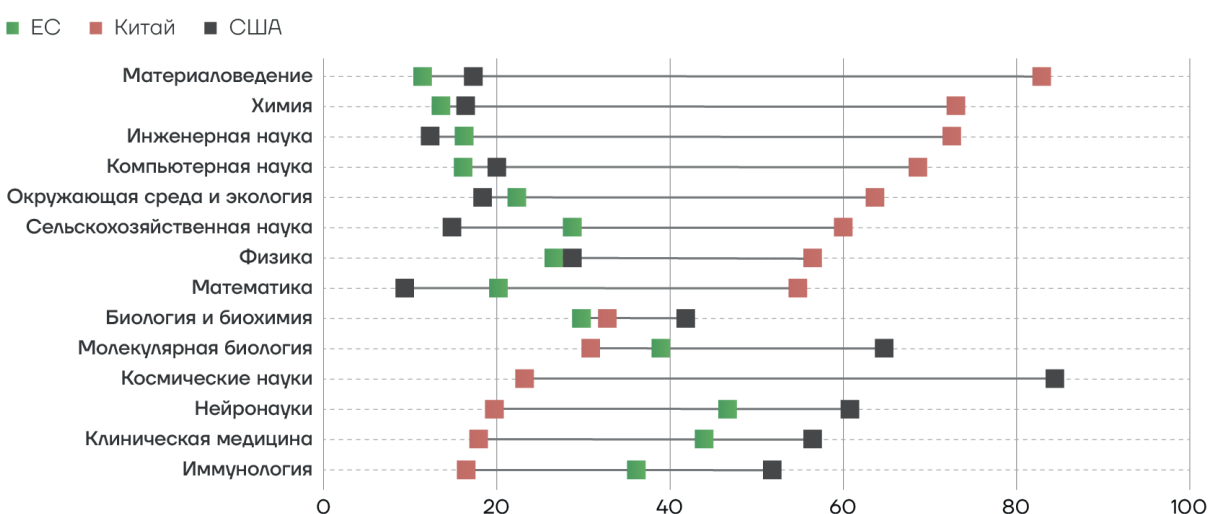


*** В престижных журналах

Согласно данным компании Clarivate, которая управляет Web of Science — платформой, индексирующей ведущие рецензируемые журналы, научные книги и исследовательские статьи, — в 2003 году в США было выпущено в 20 раз больше высокоцитируемых исследовательских работ, чем в Китае. К 2013 году этот отрыв сократился: в Америке было опубликовано примерно в четыре раза больше топовых работ. Но уже данные за 2022 год показали, что Китай превзошел как США, так и весь Европейский союз (ЕС).

Мировые лидеры в различных научных дисциплинах

Доля высокоцитируемых публикаций* по месту нахождения автора,** 2022 год



* Топ 1% по количеству цитат, Web of Science ** Сумма может превышать 100% из-за публикаций, подготовленных в соавторстве
Источники: Clarivate; Web of Science

Сильной стороной Китая являются прикладные исследования. Согласно Nature Index и показателям цитируемости, страна лидирует по публикациям в области физики, химии, наук о Земле и окружающей среде.

Данные Австралийского института стратегической политики (Australian Strategic Policy Institute, ASPI) также свидетельствуют о том, что КНР лидирует по количеству научных работ во многих технологических отраслях.

ASPI разработал «Трекер критических технологий» (Critical Technology Tracker). Для этого институт собрал и проанализировал исследовательские работы, опубликованные в период с 2018 по 2022 год в 44 технологических областях. Для поиска публикаций использовалась база данных Web of Science (WoS) Core Collection – ведущая база данных научных цитирований в мире. Было найдено 2,2 млн публикаций. При этом не учитывались материалы, не обеспечивающие научных достижений, такие как обзоры книг, отозванные публикации и письма, отправленные в научные журналы.

Подавляющее большинство собранных работ (98,7%) были написаны на английском языке. Таким образом, ограничение исследования ASPI состоит в том, что оно не охватывает научные статьи, опубликованные в национальных журналах, а концентрируется лишь на крупнейших мировых научных изданиях.

Авторы исследования сосредоточились на 10% наиболее цитируемых публикаций для оценки лидерства стран и учреждений: университетов, лабораторий и компаний. В качестве альтернативного показателя для стран и учреждений был также рассчитан индекс Хирша (h-index). Этот наукометрический показатель основан на учете количества публикаций и числа их цитирований.


«Трекер критических технологий» ASPI показал, что Китай является мировым лидером в 37 из 44 исследованных технологических областей, включая оборонные и космические технологии, робототехнику, энергетику, окружающую среду, биотехнологии, искусственный интеллект (ИИ), передовые материалы и ключевые области квантовых технологий.

По некоторым технологическим областям трекер показывает, что все 10 ведущих мировых исследовательских институтов в этих областях базируются в Китае и в совокупности выпускают в девять раз больше высокоэффективных исследовательских работ, чем в стране, занимающей второе место (чаще всего это США). Китайская академия наук занимает высокие позиции (часто первое или второе место) во многих из 44 исследованных областей.

ИИ, вычисления и связь

Спрос на ускорение вычислений с помощью ИИ сделал эту сферу критически важной для развития экономики, основанной на технологиях, и стимулировал исследования. «Трекер критических технологий» ASPI указывает на лидерство КНР в 7 из 10 подкатегорий, относящихся к искусственному интеллекту, вычислениям и связи. При этом в трех подкатегориях Китай уступает США, где исследования активно проводятся как в университетах, так и в частном секторе.

Лидеры по числу научных публикаций об ИИ, вычислениях и связи

ТЕХНОЛОГИИ	ТОП-3 СТРАН, ДОЛЯ В ОБЩЕМ КОЛИЧЕСТВЕ НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, %			РИСК МОНОПОЛИИ
Передовая радиочастотная связь (включая 5G и 6G)	 29,65%	 9,50%	 5,18%	Высокий
Передовая оптическая связь	 37,69%	 12,76%	 5,64%	Средний
Алгоритмы и аппаратные ускорители ИИ	 36,62%	 13,26%	 4,20%	Средний
Технология распределенного реестра	 28,38%	 11,32%	 8,94%	Средний
Расширенный анализ данных	 31,23%	 15,45%	 6,02%	Средний
Машинное обучение (включая нейронные сети и глубокое обучение)	 33,20%	 17,93%	 4,87%	Низкий
Технологии кибербезопасности	 23,33%	 16,80%	 7,67%	Низкий
Высокопроизводительные вычисления	 29,31%	 25,57%	 6,34%	Низкий
Передовые технологии проектирования и производства интегральных схем	 24,18%	 21,19%	 7,16%	Низкий
Обработка естественного языка (включая распознавание и анализ речи и текста)	 25,73%	 23,57%	 5,74%	Низкий

Источник: «Трекер критических технологий» ASPI

Квантовые технологии

«Трекер критических технологий» ASPI отслеживает исследования в четырех областях квантовых технологий, среди которых квантовые вычисления, квантовая связь, постквантовая криптография и квантовые сенсоры. Все они относятся к критически важным, поэтому государства стимулируют разработки в этих областях. В то же время вопросы национальной безопасности ограничивают перспективы международного сотрудничества в сфере квантовых технологий.

Лидеры по числу научных публикаций о квантовых технологиях

ТЕХНОЛОГИИ	ТОП-3 СТРАН, ДОЛЯ В ОБЩЕМ КОЛИЧЕСТВЕ НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, %			РИСК МОНОПОЛИИ
Квантовые вычисления	 33,90%	 15,03%	 6,11%	Средний
Постквантовая криптография	 30,98%	 13,30%	 6,41%	Низкий
Квантовая связь (включая квантовое распределение ключей)	 31,47%	 16,68%	 7,58%	Низкий
Квантовые сенсоры	 23,70%	 23,27%	 7,76%	Низкий



















Источник: «Трекер критических технологий» ASPI

Как отмечает ASPI, в Китае самый высокий уровень государственного финансирования сферы квантовых технологий (более \$14 млрд), за ним следует Евросоюз (\$7,2 млрд). Трекер показывает, что КНР лидирует по числу наиболее цитируемых научных публикаций в трех из четырех подкатегорий, относящихся к квантовым технологиям.

Оборона, космос, робототехника и транспорт

На долю Китая приходится 48% самых цитируемых в мире исследований в области передовых авиационных двигателей, включая гиперзвуковые. Этому способствует лидерство страны в других технологических областях, имеющих отношение к созданию двигателей, спутников и гиперзвуковых ракет. Так, на долю КНР приходится 46% от 10% самых цитируемых научных работ об инновационных метаматериалах, что в 2,7 раза больше, чем у США, занявших второе место. Кроме того, Китай обеспечил 58% из 10% самых цитируемых научных работ о покрытиях, что в 7,96 раза больше, чем у США, и 36% из 10% самых цитируемых публикаций о высокотехнологичной механообработке, что в 2,62 раза больше, чем у Индии.

Лидеры по числу научных публикаций об оборонных и космических технологиях, робототехнике и транспорте

Технологии	ТОП-3 СТРАН, ДОЛЯ В ОБЩЕМ КОЛИЧЕСТВЕ НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, %			Риск монополии
Современные авиационные двигатели (в том числе гиперзвуковые)	 48,49%	 11,69%	 6,96%	Средний
Дроны, «роящиеся» и коллаборативные роботы	 36,07%	 10,30%	 6,13%	Средний
Малые спутники	 24,49%	 17,32%	 7,82%	Низкий
Технология работы автономных систем	 26,20%	 21,01%	 5,28%	Низкий
Продвинутая робототехника	 27,89%	 24,64%	 5,49%	Низкий
Системы космического запуска	 19,67%	 18,24%	 9,81%	Низкий

Источник: «Трекер критических технологий» ASPI

Передовые материалы

Прогресс в области передовых материалов потенциально может сформировать будущее высокотехнологичной продукции с высокими эксплуатационными характеристиками. Они могут быть более экономичными, энергоэффективными, долговечными, легкими, огнестойкими или меньшего размера по сравнению

с обычными материалами. Инновации в этой области могут обеспечить очевидные преимущества в целом ряде сфер, включая производство, торговлю и оборону, и Китай с большим отрывом лидирует по числу научных публикаций о передовых материалах.

Лидеры по числу научных публикаций о передовых материалах

ТЕХНОЛОГИИ	ТОП-3 СТРАН, ДОЛЯ В ОБЩЕМ КОЛИЧЕСТВЕ НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, %			РИСК МОНОПОЛИИ
Наноматериалы	 58,35%	 6,73%	 4,90%	Высокий
Покрyтия	 58,47%	 7,34%	 5,97%	Высокий
«Умные» материалы	 42,57%	 8,13%	 6,96%	Средний
Передовые композитные материалы	 40,82%	 14,03%	 7,30%	Средний
Инновационные метаматериалы	 45,56%	 16,90%	 4,01%	Средний
Высокотехнологичная механообработка	 36,21%	 13,84%	 11,75%	Средний
Передовые взрывчатые вещества и энергетические материалы	 47,10%	 21,31%	 4,88%	Средний
Добыча и переработка важнейших полезных ископаемых	 36,68%	 13,39%	 4,47%	Низкий
Магниты и сверхпроводники	 33,36%	 16,37%	 7,54%	Низкий
Улучшенная защита	 35,05%	 18,72%	 5,26%	Низкий
Непрерывный химический синтез	 24,64%	 13,90%	 5,73%	Низкий
Аддитивные технологии (включая 3D-печать)	 20,41%	 20,25%	 6,38%	Низкий

Источник: «Трекер критических технологий» ASPI

Инвестиции в исследования и разработки

Глобальный инновационный индекс Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) за 2024 год показывает, что 26 китайских научно-технических кластеров вошли в топ-100 научно-технических кластеров мира, что является самым высоким показателем среди всех государств. КНР лидирует по этому показателю второй год подряд, за ним следуют США с 20 кластерами и Германия с восемью.

Согласно Лейденскому рейтингу (CWTS Leiden Ranking 2024), который сравнивает исследовательский вклад 1506 университетов из 72 стран на основе их публикаций за период с 2019 по 2022 год, восемь китайских университетов или институтов входят в десятку мировых лидеров.

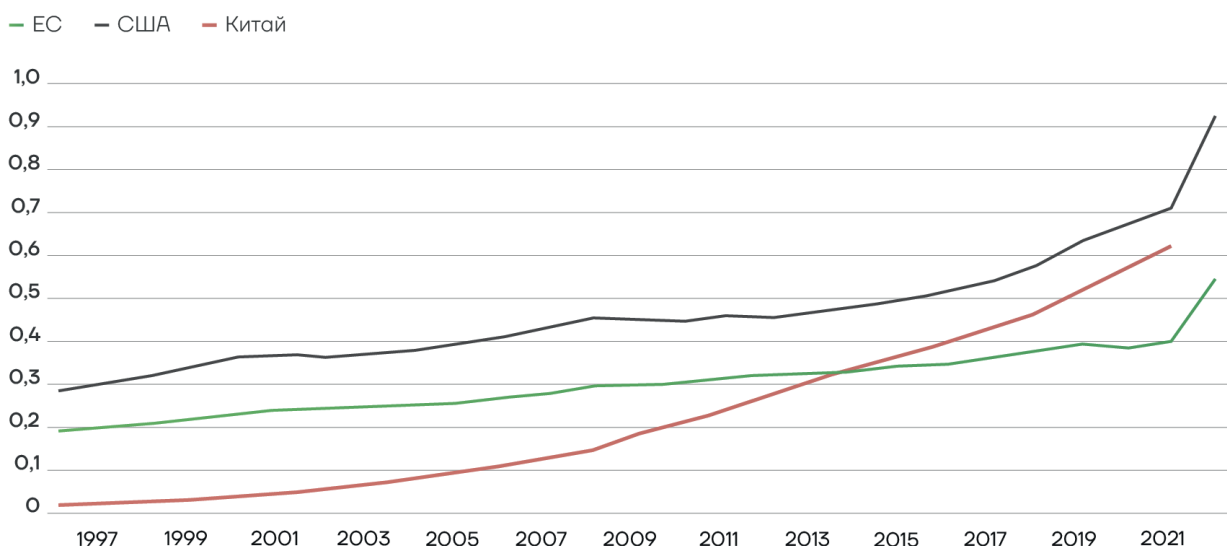
Топ-10 университетов в Лейденском рейтинге

УНИВЕРСИТЕТ	КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ УНИВЕРСИТЕТА ЗА 2019-2022 ГОДЫ	КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ УНИВЕРСИТЕТА, ВХОДЯЩИХ В ТОП-10% В СВОИХ ОБЛАСТЯХ
Чжэцзянский университет 	37 457	4 663
Гарвардский университет 	36 654	7 220
Шанхайский университет Цзяотун 	35 373	4 189
Сычуаньский университет 	29 536	3 099
Центральный южный университет 	27 615	3 244
Хуачжунский университет науки и технологий 	27 549	3 644
Университет Чжуншань имени Сунь Ятсена 	25 858	2 975
Университет Торонто 	25 439	3 352
Сианьский Университет Цзяотун 	24 574	2 729
Университет Цинхуа 	24 574	3 841

Источник: CWTS Leiden Ranking 2024

За этими достижениями стоит колоссальный рост инвестиций в исследования и разработки. По данным нидерландского Института Ратенау (Rathenau Institute), совокупный объем финансирования НИОКР в Китае больше, чем в 27 странах ЕС вместе взятых. По объему вложений в абсолютном выражении по-прежнему лидируют США, но по темпам роста инвестиций первое место занимает КНР. За период 1996–2020 годов расходы на НИОКР в Китае увеличились на 3299% по сравнению с ростом на 227% в США.

Общий объем инвестиций в НИОКР в трлн долл. (по ППС)



Фиксированные цены 2015 года, скорректированные с учетом разницы в покупательной способности

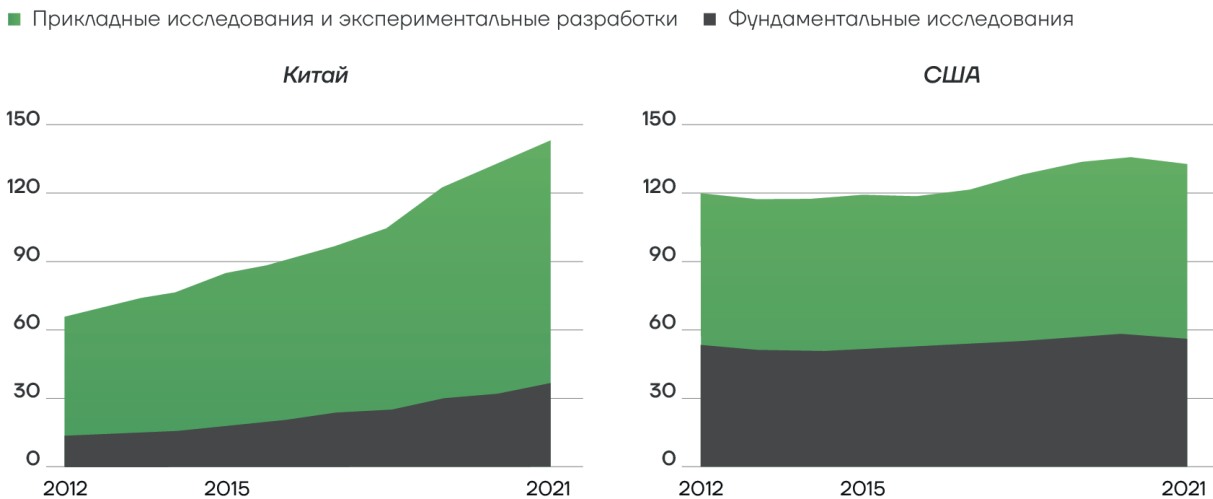
Источник: база данных MSTI ОЭСР, март 2024 года

Согласно последним данным ОЭСР от 2021 года, хотя КНР по-прежнему отстает от США по общим расходам на НИОКР, с точки зрения расходов

только университетов и государственных учреждений Китай вырвался вперед. При этом американские университеты и госучреждения тратят больше средств на фундаментальные исследования, тогда как в Китае основной упор делается на прикладные исследования и экспериментальные разработки.

Расходы на университетские и государственные исследования в Китае и США

В млрд долл., по паритету покупательной способности, в ценах 2015 года



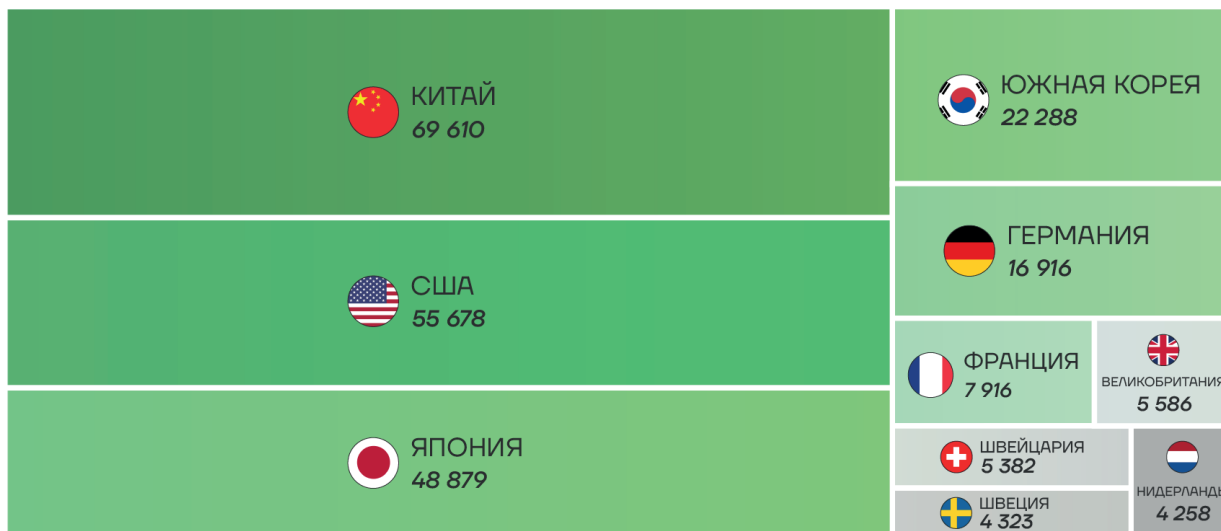
Источник: ОЭСР

Патенты

По данным Национального управления интеллектуальной собственности КНР, с января по апрель 2024 года в стране было выдано более 362 тыс. патентов на изобретения, что на 43,42% больше, чем за аналогичный период прошлого года. Патенты предприятий составили большую часть и показали более высокие темпы роста в годовом выражении по сравнению с патентами, полученными университетами, исследовательскими институтами и физическими лицами. К концу 2023 года в Китае насчитывалось около 4,02 млн действующих внутренних патентов на изобретения, что делает его первой страной в мире с более чем 4 млн таких патентов.

По данным ВОИС, Китай также лидирует по количеству международных заявок, поданных в соответствии с Договором о патентной кооперации (Patent Cooperation Treaty, PCT). PCT, участниками которого являются более 150 государств, позволяет испрашивать патентную охрану изобретения одновременно в каждой из множества стран путем подачи «международной» патентной заявки. В 2023 году из Китая исходило 69,6 тыс. заявок по сравнению с 55,7 тыс. у США и 48,9 тыс. у Японии. Общее количество таких заявок в мире составило 272,6 тыс.

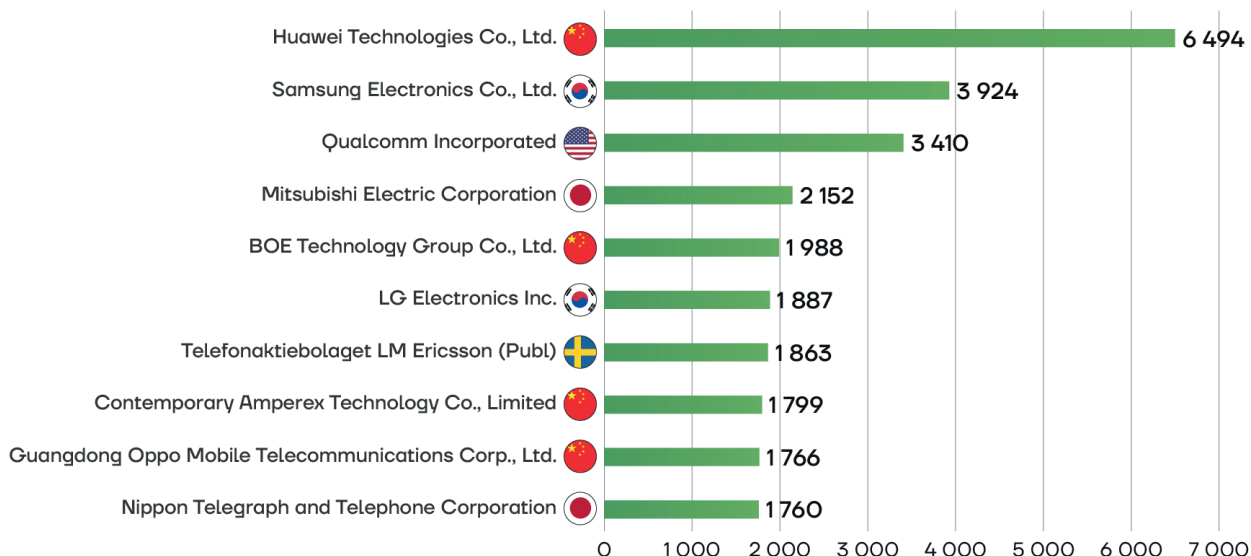
Топ-10 стран по числу международных заявок по процедуре РСТ в 2023 году



Источник: ВОИС

Китайский телекоммуникационный гигант Huawei Technologies лидирует по количеству заявок (6494), поданных в соответствии с РСТ в 2023 году. На втором месте южнокорейская Samsung Electronics (3924 заявки), за ней следуют американская Qualcomm (3410), японская Mitsubishi Electric (2152) и китайская BOE Technology (1988). Китайский производитель аккумуляторов для электротранспорта Contemporary Ampereх Technology занимает восьмое место, а производитель телекоммуникационного оборудования Guangdong Oppo Mobile Telecommunications Corporation — девятое. Таким образом, четыре позиции в топ-10 занимают компании из КНР.

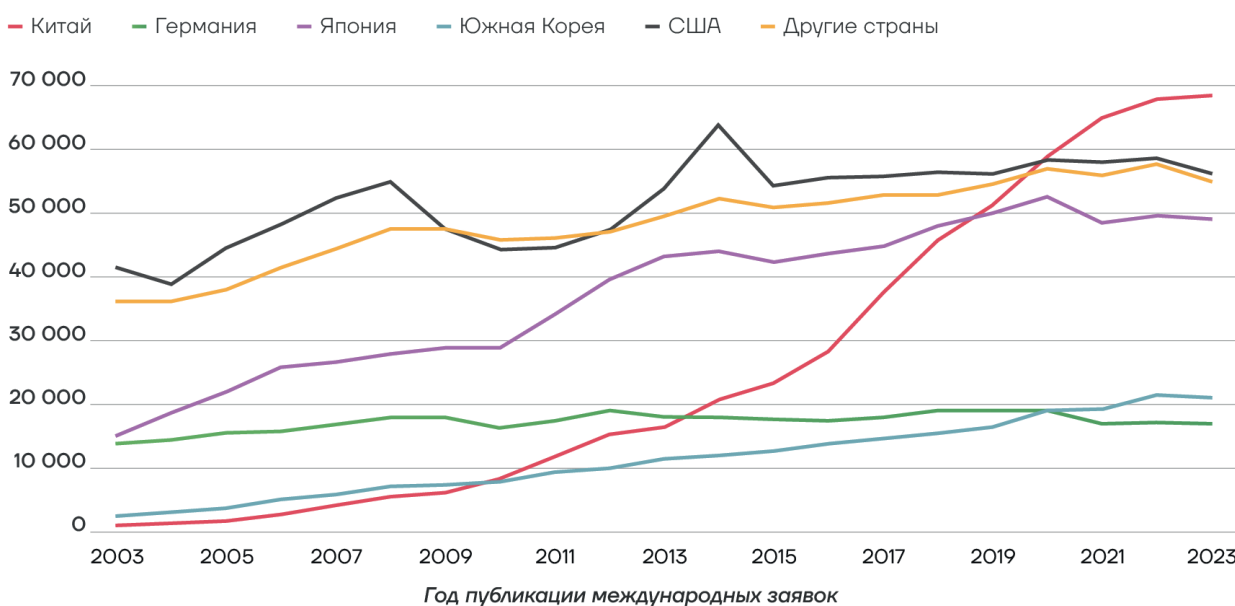
Топ-10 компаний по числу международных заявок по процедуре РСТ в 2023 году



Источник: ВОИС

Согласно данным ВОИС, среди пяти стран-лидеров по подаче заявок по процедуре РСТ Китай продемонстрировал самый быстрый общий среднегодовой рост с 2003 года (+23,4%). За ним следуют Южная Корея (+11,4%) и Япония (+6,1%). Примечательно, что эти три государства превысили общий среднегодовой темп роста заявок (+4,5%) за данный период. Рост числа заявок из США (+1,5%) и Германии (+1%), напротив, шел значительно медленнее. Таким образом, основным источником заявок по процедуре РСТ становится Северо-Восточная Азия.

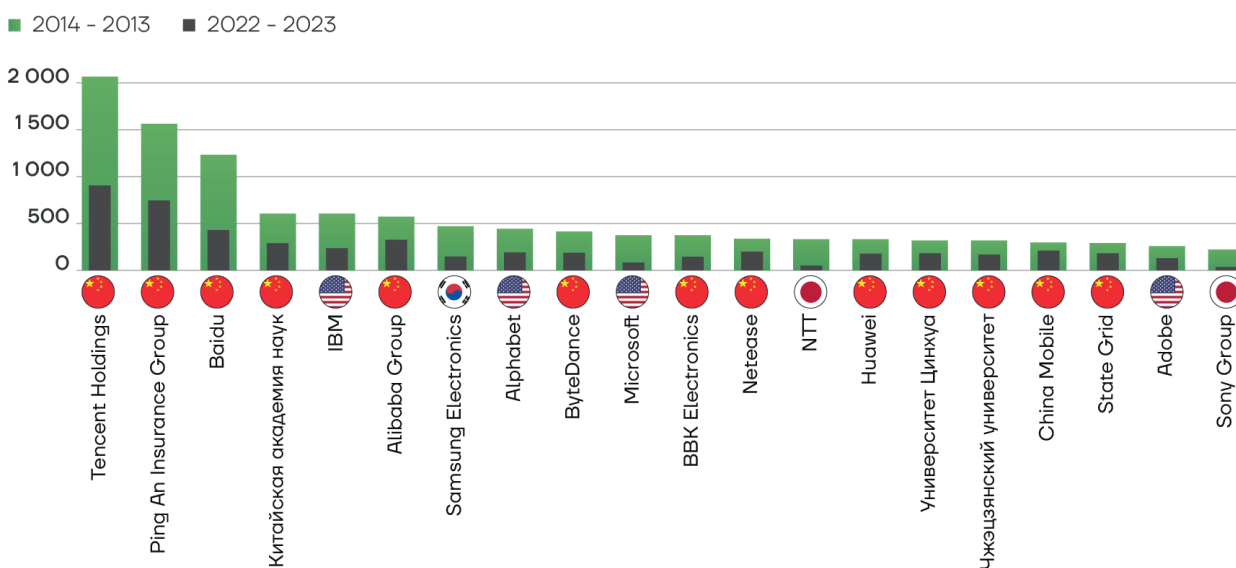
Количество опубликованных заявок РСТ в технологическом секторе, 2003–2023 годы



В 2023 году Китай был основным источником опубликованных заявок в категориях «электротехника» и «другие отрасли», а также вторым в остальных трех категориях. США оставались основным источником заявок в области химии и приборостроения и занимали второе место в категориях «электротехника» и «другие отрасли». Япония лидировала в категории машиностроения и занимала третье место во всех остальных категориях.

Данные ВОИС также показывают, что изобретатели из Китая подают наибольшее количество заявок на патенты в области генеративного искусственного интеллекта, значительно опережая изобретателей из США, Южной Кореи, Японии и Индии. В докладе ВОИС о патентном ландшафте в области генеративного ИИ сообщается о более чем 54 тыс. изобретений в этой области за десятилетие по 2023 год. Причем более 25% из них появились только за последний год. Генеративный ИИ позволяет пользователям создавать разнообразный контент, включая тексты, изображения, музыку и компьютерный код. На его основе работает целый ряд сервисов, включая чат-боты ChatGPT, Google Gemini и ERNIE от китайской Baidu.

Основные владельцы патентов в сфере генеративного ИИ, 2014–2023 годы



Источник: ВОИС, апрель 2024 года

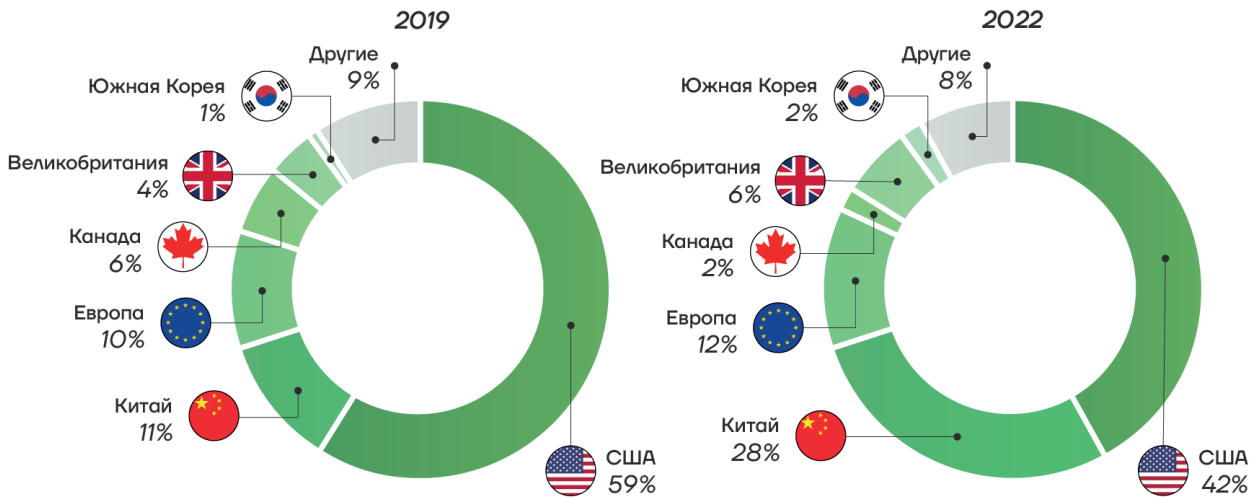
В период с 2014 по 2023 год в Китае было зарегистрировано более 38 тыс. изобретений в области генеративного ИИ. Это в шесть раз больше, чем в США (6,3 тыс.). С 2017 года КНР ежегодно публикует больше патентов в этой области, чем все другие страны вместе взятые.

Технологические кадры

Как отмечает ASPI, усилия Китая по развитию исследований в области технологий подкрепляются импортом талантов и знаний. Пятая часть высокоцитируемых научных публикаций в Поднебесной подготовлена исследователями, получившими последипломное образование в странах альянса «Пять глаз», куда входят Австралия, Канада, Новая Зеландия, Великобритания и США.

При этом исследование MacroPolo, аналитического центра американского Института Полсона (Paulson Institute), специализирующегося на отношениях США и Китая, показывает, что вес КНР в подготовке и привлечении мировых талантов в области ИИ возрастает. Команда центра изучила национальное происхождение, образование и место работы ведущих исследователей, которые подготовили презентации и статьи, принятые на крупнейшую научную конференцию по искусственному интеллекту — Neural Information Processing Systems (NeurIPS). На состоявшуюся в декабре 2022 года конференцию было принято рекордное количество докладов — 2671, доля принятых заявок составила 25,6%. На основе данных этой конференции специалисты MacroPolo разработали Global AI Talent Tracker 2.0. Первая версия трекера была создана на основе данных конференции NeurIPS 2019 года, где было 1428 докладов, а доля принятых заявок составляла 21,6%.

Основные страны, в которых работают ведущие исследователи в области ИИ (топ-20%)

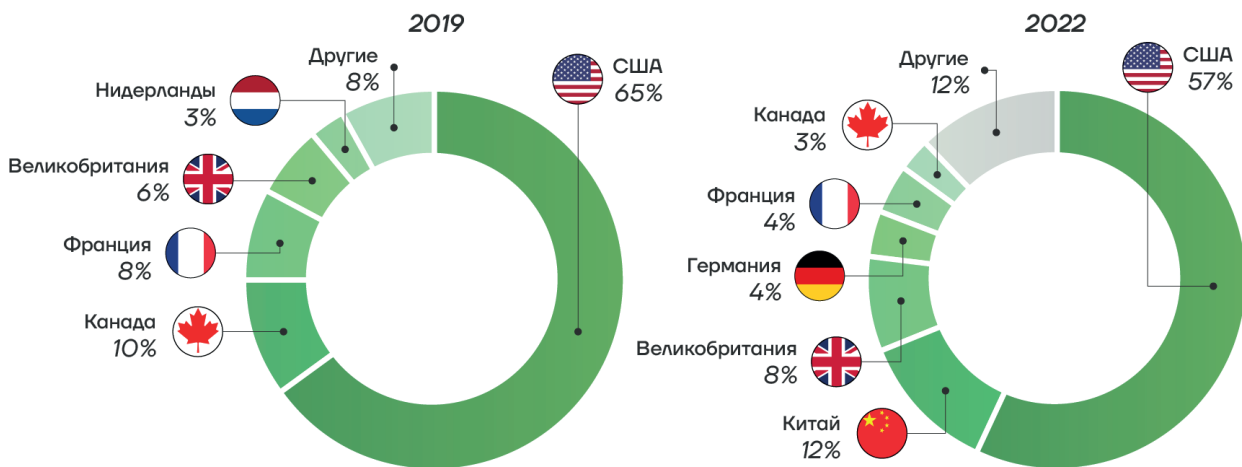


Страновая принадлежность определяется по месту нахождения штаб-квартир учреждений, в которых работают исследователи

Источник: MacroPolo, Global AI Talent Tracker 2.0

Трекер 2023 года показывает, что США остаются основным местом работы для ведущих специалистов в области ИИ. В американских институтах исследователи американского и китайского происхождения — исходя из данных о месте получения бакалаврской степени — составляют 75% высококлассных специалистов в этой области по сравнению с 58% в 2019 году. При этом отрыв США от других стран, в особенности КНР, сокращается. Если в 2019 году в Китае работали 11% ведущих исследователей ИИ, то к 2022 году этот показатель достиг 28%, что свидетельствует о росте внутреннего сектора ИИ в стране.

Основные страны, в которых работают самые элитные исследователи в области ИИ (топ-2%)



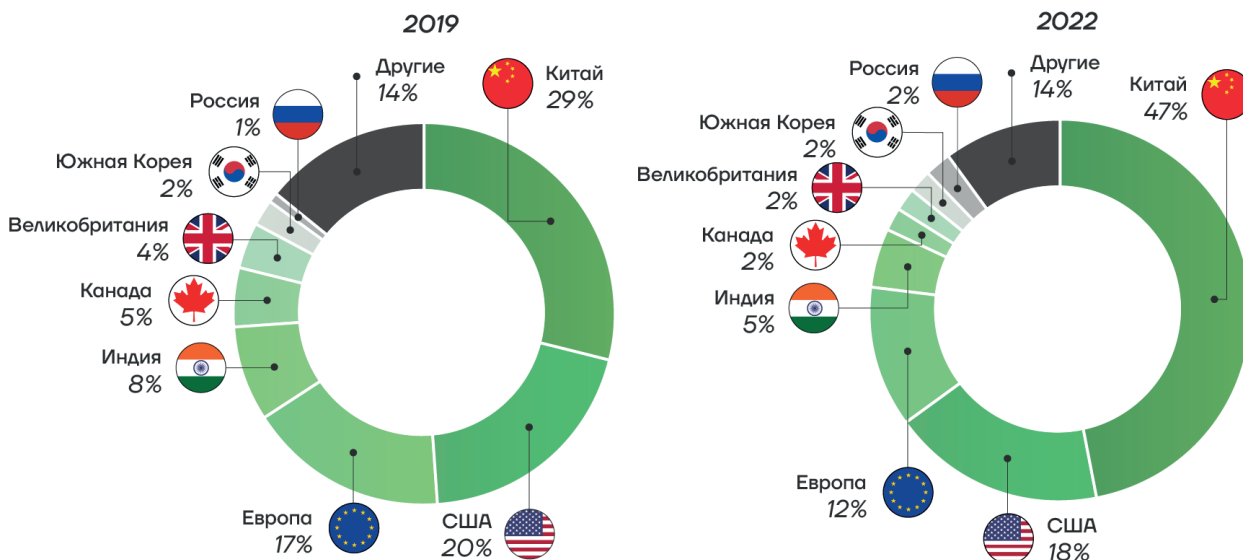
«Самые элитные исследователи в области ИИ» определяются как авторы статей, отобранных для устных презентаций на NeurIPS, которые представляют собой самый престижный класс работ. Доля принятия устных презентаций в 2022 году составила всего 1,8%

Источник: MacroPolo, Global AI Talent Tracker 2.0

США также остаются лидером по привлечению наиболее элитных кадров в области ИИ (топ-2%), хотя и по этому параметру отрыв от КНР сокращается. В 2022 году Китай вошел в число основных стран, где работают специалисты из топ-2%.

Страны происхождения ведущих исследователей в области ИИ

Топ-20%, на основе данных о степени бакалавра

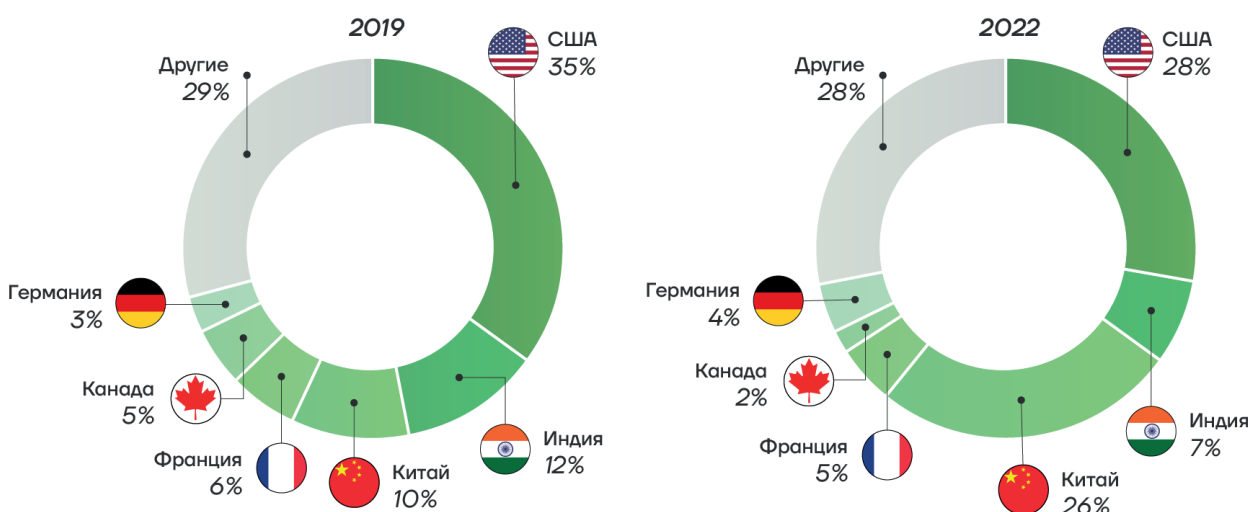


Источник: MacroPolo, Global AI Talent Tracker 2.0

За последние несколько лет КНР расширила свой внутренний кадровый резерв в области ИИ, чтобы удовлетворить потребности собственной растущей индустрии. Она является страной происхождения значительной части ведущих мировых исследователей в области ИИ — 47% в 2022 году по сравнению с 29% в 2019 году. При этом все больше китайских специалистов работают в отечественной промышленности, отмечает MacroPolo.

Основные страны происхождения наиболее элитных исследователей в области ИИ

Топ-2%, на основе данных о степени бакалавра



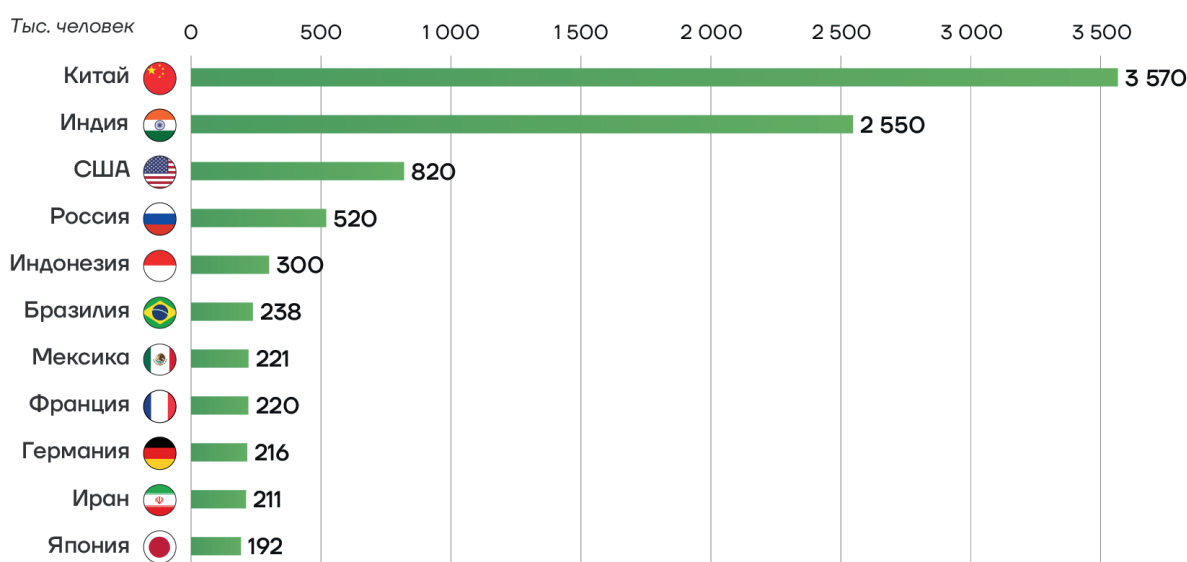
Источник: MacroPolo, Global AI Talent Tracker 2.0

Что касается наиболее элитных исследователей в области ИИ, в 2019 году 10% таких кадров происходили из Китая, а спустя три года этот показатель увеличился до 26%. Для сравнения: американские специалисты составляют 28% самых элитных исследователей.

На фоне обострения технологической конкуренции с Вашингтоном Пекин активизировал реализацию стратегического плана «Сделано в Китае 2025», который предусматривает увеличение доли высокотехнологичной продукции в национальной промышленности. Благодаря стимулирующим мерам в области образования в КНР ежегодно выпускается вдвое больше специалистов со степенью PhD в области STEM (science, technology, engineering and mathematics — естественные науки, технология, инженерия и математика), чем в США.

Согласно исследованию Центра безопасности и новых технологий Джорджтаунского университета (Center for Security and Emerging Technology, CSET), КНР заняла первое место в списке 11 стран с наибольшим количеством выпускников в области STEM в 2020 году. Это последние статистические данные об образовании, доступные в странах, включенных в исследование. Его авторы проанализировали национальные данные об образовании, используя разработанную ЮНЕСКО Международную стандартную классификацию образования, а также обозначение областей STEM, принятое Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

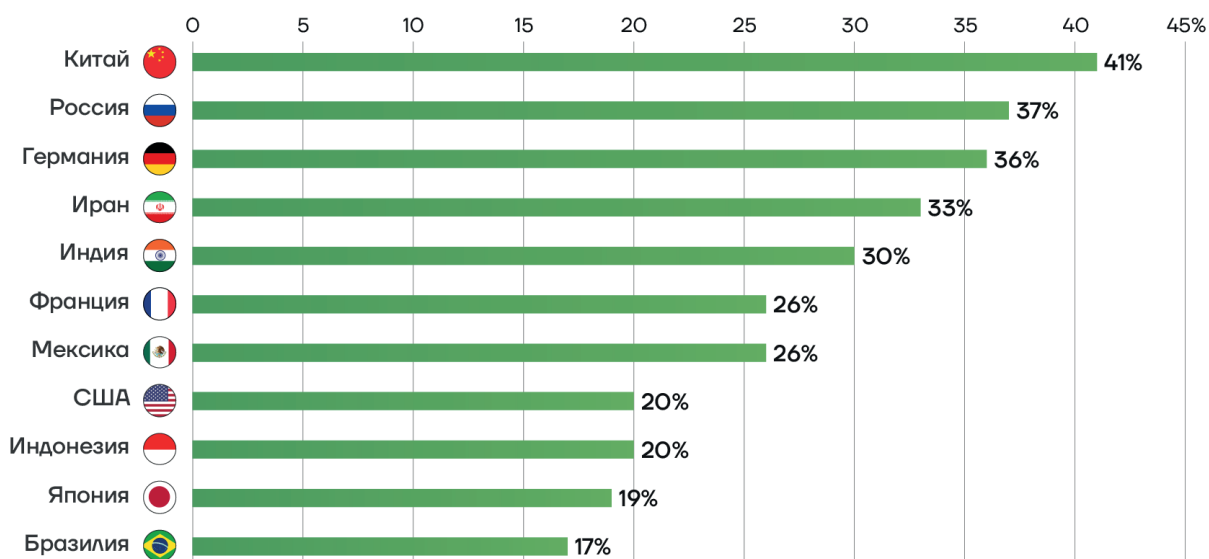
Страны-лидеры по количеству выпускников в области STEM в 2020 году



Источник: CSET, данные ОЭСР и статистических сборников России, Индонезии, Ирана, Индии и Китая

Китай также лидирует по доле STEM-специалистов от общего числа выпускников. Более 40% выпускников в стране получают степень именно в этой области.

Доля STEM-специалистов в общем количестве выпускников в 2020 году



Источник: CSET, данные ОЭСР и статистических сборников России, Индонезии, Ирана, Индии и Китая

По данным министерства образования КНР, в период с 2000 по 2019 год более 6 млн китайских студентов уехали, чтобы учиться за границей. В последние годы многие из них вернулись, принося с собой приобретенные навыки и знания. Данные ОЭСР свидетельствуют о том, что с конца 2000-х годов в страну приезжало больше ученых, чем уезжало. Теперь в Китае работает больше исследователей, чем в США и во всем ЕС.

Выводы

- Колоссальные инвестиции в НИОКР способствуют реализации стратегии КНР по развитию инновационной экономики, основанной на передовых технологиях.
- Инновации в технологическом секторе могут обеспечить очевидные преимущества в целом ряде сфер, включая промышленность, торговлю и оборону.
- Параллельно с развитием внутреннего научного пространства китайские исследователи активно публикуются в ведущих мировых научных изданиях.
- Основной упор делается на прикладные исследования, которые направлены на практическое решение технических проблем и могут непосредственно использоваться в различных отраслях.

- Однако финансирование и продвижение фундаментальных исследований не менее важно, поскольку их результаты могут сыграть ключевую роль в развитии технологий будущего.