

О долгосрочном научно-технологическом развитии

к.э.н. Д.Р. Белоусов
д.э.н. И.Э. Фролов

Ученый совет ИНП РАН
«Оценка потенциала роста российской экономики
в средне- и долгосрочной перспективе»

21.10.2021

Москва



Институт
Народнохозяйственного
Прогнозирования РАН



Постановка проблемы

Научно-технологическое развитие – гетерогенно и обеспечивает решение нескольких различных по характеру задач:

- обеспечить развитие фундаментальной и прикладной науки, создающей задел в областях «технологий переднего края», а также сред, позволяющих (в пределах российской юрисдикции) быстро создавать на базе научных заделов технологии, соответствующие передовому уровню ;
- поддерживать развитие прорывных проектов в сферах непосредственной ответственности государства (безопасность в широком смысле, медицина, образование, госуправление и т.д.);
- обеспечивать технологическую модернизацию основных производств – в соответствии с конкретными запросами компаний, а также создать новые отрасли и национальных чемпионов;

1

Глобальные тенденции корпоративных расходов на ИиР

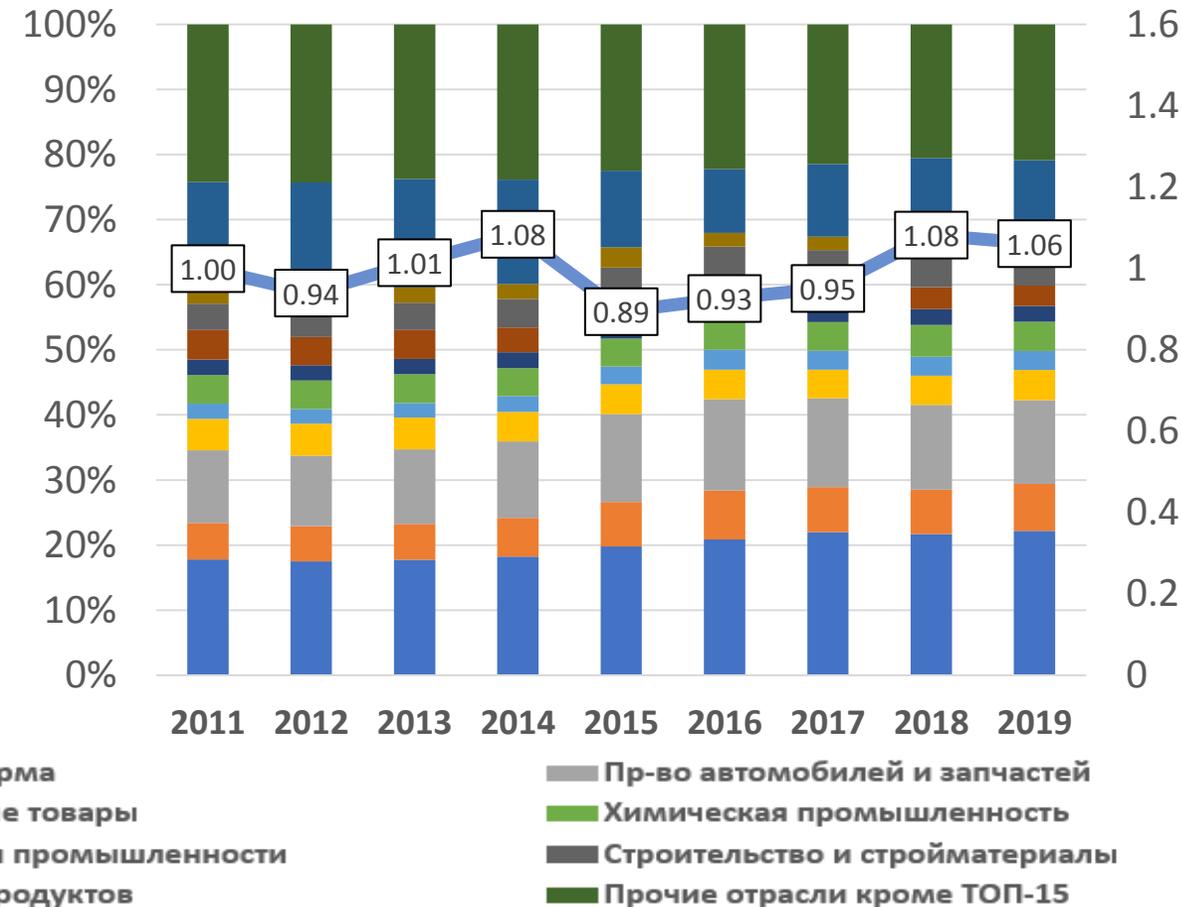
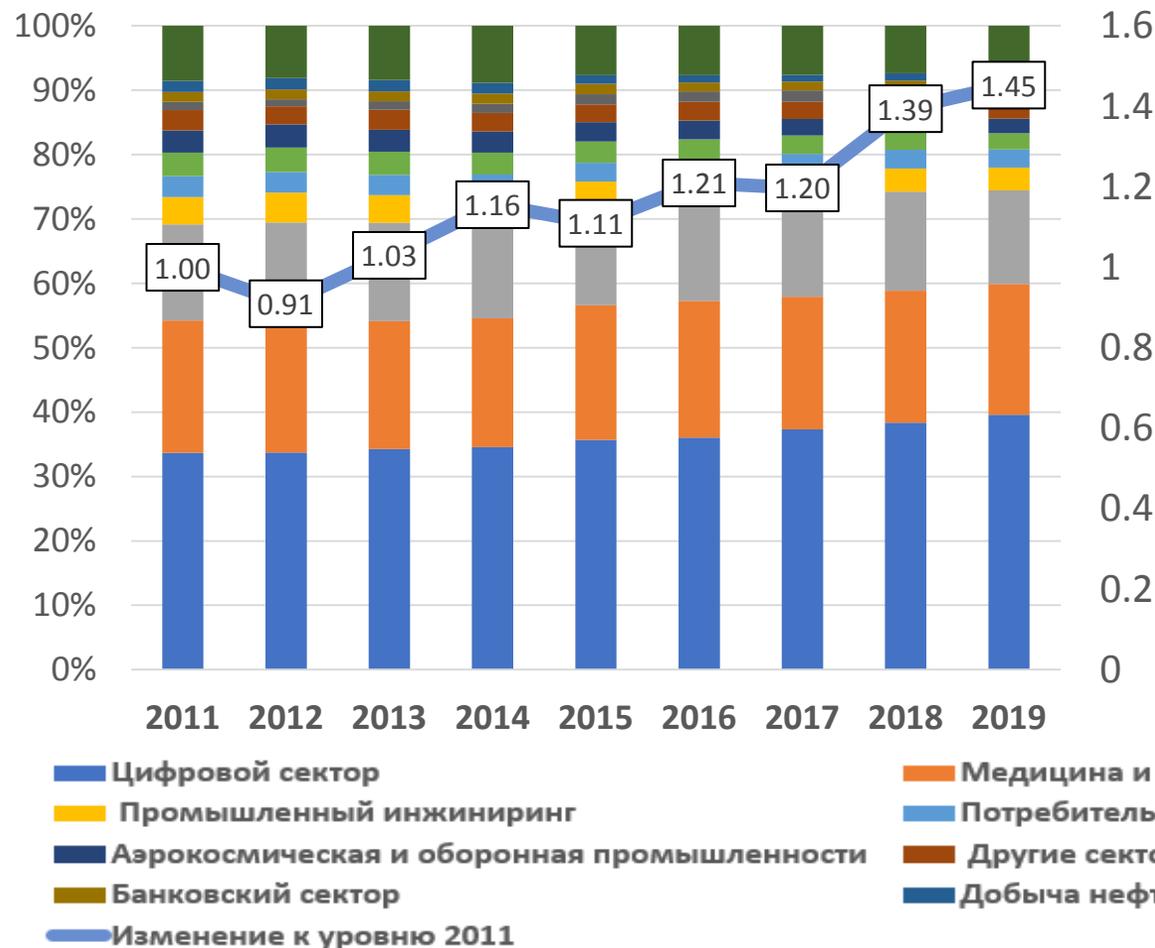
Сводные показатели 2500 крупнейших R&D-компаний в 2019 г. (распределение по секторам и отраслям экономики)



	Кол-во фирм	Расходы на ИиР, млрд долл.	Выручка, млрд долл.	Прибыль, млрд руб.	Численность занятых, тыс. чел.	Кап-вложения, млрд долл.	Научоемкость, %	Доля расходов на ИиР в общей сумме, %
Цифровой сектор	783	404,0	5315,6	658,7	14441,9	432,5	7,6	40,0
Медицина+Фарма	530	207,5	1725,5	213,0	4267,0	71,8	12,0	20,6
Пр-во автомобилей и запчастей	152	148,5	3078,9	132,5	7520,7	193,6	4,8	14,7
Электроника и электронное оборудование	224	77,0	1511,4	127,3	5585,3	98,8	5,1	7,6
Промышленный инжиниринг	187	36,0	1113,8	100,7	3580,2	50,1	3,2	3,6
Потребительские товары	83	28,5	704,5	67,7	1977,2	26,6	4,0	2,8
Химическая промышленность	130	25,9	1078,6	96,1	1834,1	83,5	2,4	2,6
Аэрокосмическая и оборонная промышленности	45	23,0	579,5	52,1	1562,8	17,6	4,0	2,3
Другие секторы промышленности	75	22,8	751,3	55,5	2282,9	39,0	3,0	2,3
Строительство и стройматериалы	65	21,4	1172,4	78,7	3094,1	45,7	1,8	2,1
Банковский сектор	25	12,8	393,2	101,0	1591,6	29,8	3,2	1,3
Добыча нефтепродуктов	29	11,1	3046,6	340,1	1808,2	249,5	0,4	1,1
Всего	2485	1009,2	23247,64	2304,779	55789	1547	4,3%	100,0%
Сумма ТОП-15	2070	930,0	18251,6	1802,8	42189,5	1138,8	5,1%	92,2%
Остальные отрасли кроме ТОП-15	415	79,2	4996,0	502,0	13599,7	408,7	1,6%	7,8%
Доля ТОП-15 в сумме, %	83,30	92,15	78,51	78,22	75,62	73,59		

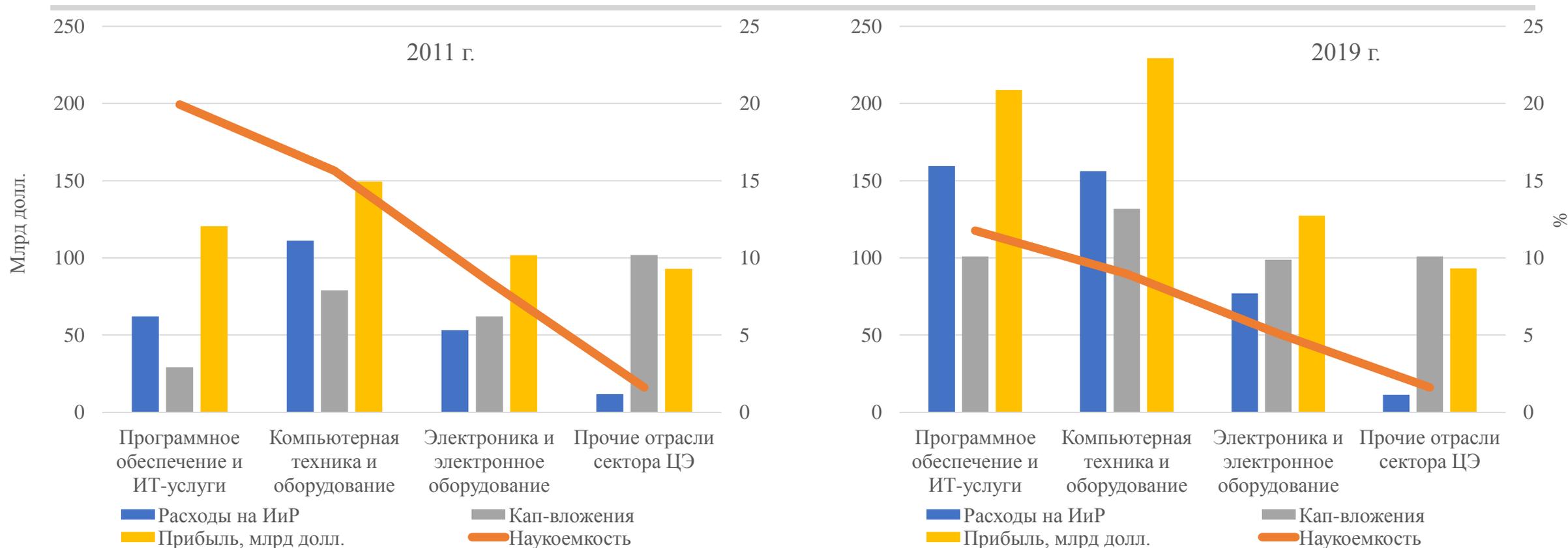
Распределение расходов на ИиР

крупнейших R&D-компаний, в 2011-2019 гг., по отраслям экономики (млрд долл.)
и их суммарное изменение к уровню 2011 г. (правая шкала)



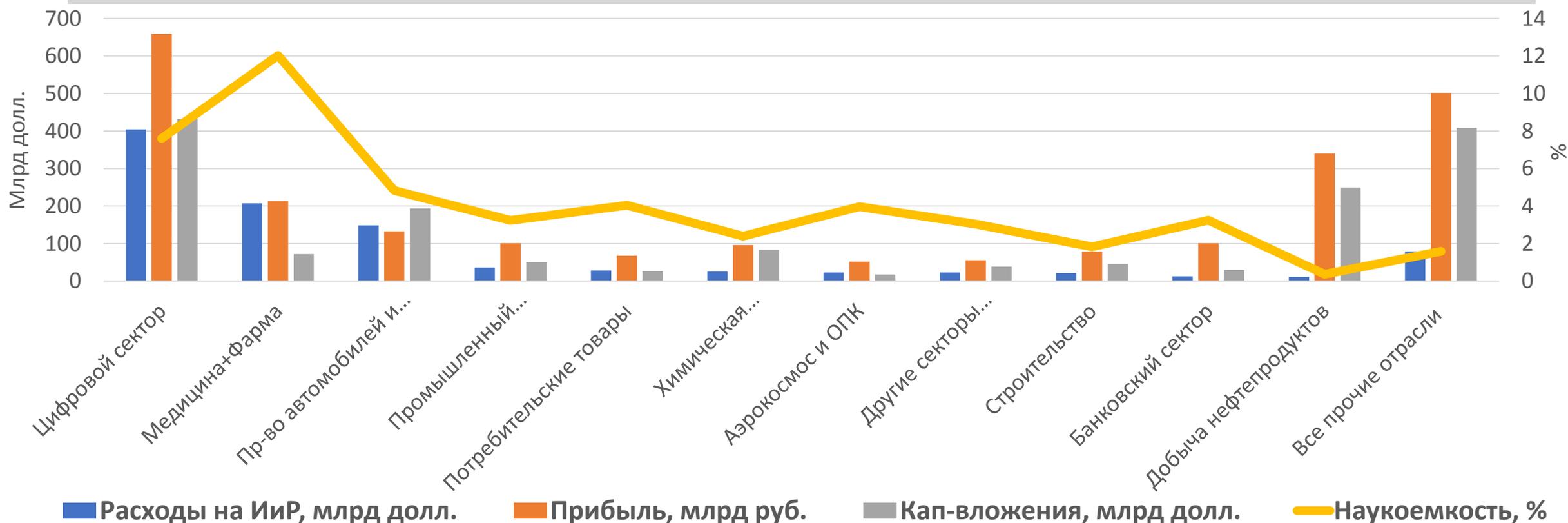
Высокие расходы на ИиР не всегда обеспечивают пропорционально высокий уровень доходов. Выручка нефтедобывающих предприятий, на долю которых приходится чуть больше 1% расходов на ИиР, составляет больше 13% от суммарной выручки всех исследуемых компаний. При этом доля самой наукоёмкой отрасли - биотехнологий (18% расходов на ИиР за весь период) в общем объеме выручки составляет лишь около 5%.

Трансформация цифрового сектора за 2011-2019 гг. – опережающее развитие цифровых услуг и ПО на фоне общего снижения наукоёмкости



Тенденция к удорожанию ИиР в сфере цифровых технологий, сохранится, что сделает невозможным успешное развитие соответствующих технологических направлений без привлечения либо дополнительного финансирования. С учетом бурного развития цифровизации банковских и финансовых услуг, это позволяет прогнозировать в дальнейшую консолидацию капиталов цифровых и инвестиционных (банковских) корпораций и создание новых транснациональных конгломератов, контролирующих значительные и различные сектора мировой экономики и финансов

Сводные показатели мировых R&D-компаний в 2019 г. (распределение по секторам и отраслям экономики)



Стабильно покрывать свои текущие затраты из прибыли могут только компании из банковского сектора, строительной отрасли, сектора производства потребительских товаров, услуг здравоохранения и прочих наименее наукоёмких отраслей. Наукоёмкие компании из цифрового и фармацевтического секторов смогли покрыть из собственной прибыли только порядка 70-80% расходов, а потому, были вынуждены постоянно привлекать заемные средства, государственные ассигнования или дополнительные частные инвестиции для поддержания своих исследовательских программ.

Основные выводы:

- Происходит процесс концентрации финансовых и научно-технических ресурсов в небольшой группе стран и крупных транснациональных корпораций, сосредоточенных на финансировании передовых биотехнологий и цифровых технологий.
- В 2020 г. на фоне мирового кризиса в экосистему "цифровых платформ" произошел массовый приток ранее закрытых личных данных граждан по всему миру, что придало новый мощный импульс развитию всей мировой цифровой экосистемы, базирующейся на технологиях **искусственного интеллекта**.
- Наиболее перспективные ИиР в сфере цифровизации и биотехнологий становятся все более дорогими и даже крупнейшие ТНК не могут полностью покрывать затраты на них из собственной прибыли.
- Все большее влияние на процесс НТР оказывают геополитические процессы, развивающиеся в рамках противостояния стран и транснациональных корпораций, уже владеющих ключевыми компетенциями и базовыми технологиями в ряде областей (в первую очередь, микроэлектроники), определяющими уровень технологического развития и конкурентоспособности всех остальных отраслей экономики.
- Стратегии взаимодействия стран ЕАЭС в области технологического развития должна строиться на принципах приоритетности сохранения технологического при возможности достижения максимального синергетического экономического эффекта с опорой на собственный научно-технический потенциал в наиболее перспективных областях научно-технической деятельности. С учетом отсутствия частных компаний, сопоставимых по масштабам с глобальными ТНК в цифровой сфере ЕАЭС необходимо сделать ставку, на госфинансирование и поддержку развития независимой цифровой экосистемы.

Страны и позиции в научно-технологическом развитии



Страны \ Позиции	«позиция безопасности»	«наступательная позиция»
Страны-лидеры	<p><i>ЕС</i>: защита лидирующего положения при помощи экологических и этических стандартов;</p> <p>обеспечение высокого уровня жизни в условиях «полустагнации»</p>	<p><i>США</i>: формирование управляемого технологического отрыва от основных конкурентов;</p> <p>«самовозрастающие активы», как основа для устойчивости финансовой системы</p>
Страны-претенденты на лидерство	<p><i>Россия</i>: обеспечение национальной безопасности</p>	<p><i>Китай</i>: формирование собственной инновационной системы</p>
Страны, следующие за основными игроками	<p><i>Япония</i>: компенсация потерь от ухудшения по основным факторам производства</p>	<p><i>Корея, Индия, Бразилия</i>: «умная» абсорбция технологий развитых стран. Собственные точечные прорывы</p>
Страны «не игроки»	<p>Приём вытесняемых из стран лидеров технологий и промышленного оборудования</p>	

2

Россия: сильные и слабые стороны научно-технологического комплекса

Сильные стороны

- Довольно высокие масштабы комплекса. Страна имеет одни из крупнейших в мире расходов на НИОКР (примерно – 42 млрд. долл. по ППС, немного больше уровня Италии). В стране – шестой в мире по численности исследователей сектор НИОКР (406 тыс. исследователей – уровень Германии, Республики Корея, Великобритании и Франции).
- Страна располагает значительным набором уникального научно-экспериментального оборудования, оборудования как для «физического», так и для цифрового моделирования сложных технических и физических процессов.
- По отдельным направлениям естественно-научных исследований (ядерная физика, математика и т.д.) Россия имеет достаточно сильные позиции в мировой научной среде.
- В ЕАЭС страна выступает в качестве основного технологического донора, реализуя основной объём расходов на НИОКР

Слабые стороны

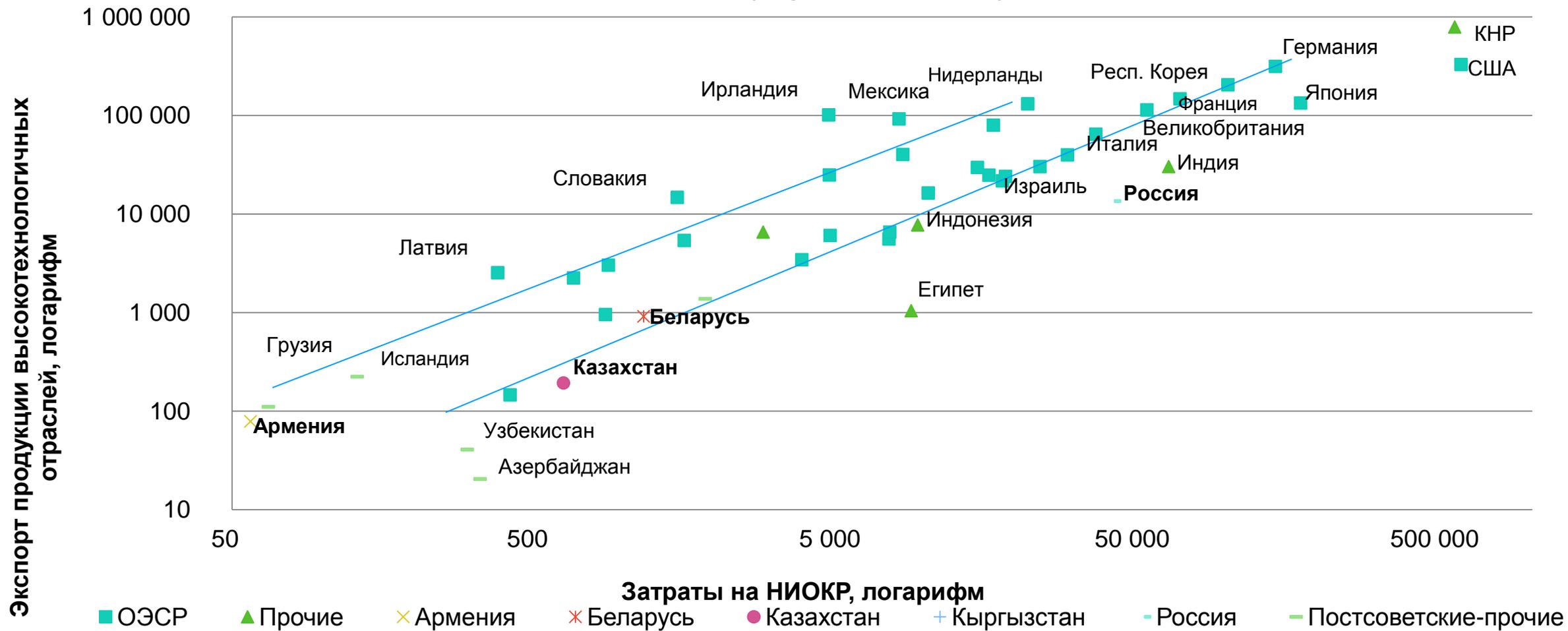
- Чрезмерно широкий спектр исследований, низкая концентрация ресурсов по наиболее приоритетным направлениям.
- Зависимость по ряду ключевых компетенций от внешнего мира, особенно значительная в сфере электронной компонентной базы, химических реагентов и особо чистых веществ, прекурсоров для биохимических процессов, баз данных и алгоритмов инженерного назначения, отдельных узлов и агрегатов машин.
- Высокая, в условиях жесткого геополитического противостояния значимость технологической безопасности – как в оборонной сфере, так и в более широком аспекте (информационной: контроль баз данных, наличие собственного инженерного, геологоразведочного, биомедицинского программного обеспечения; биомедицинский и т.д.).

Публикации российских авторов в Scopus в 2016-2020 годах



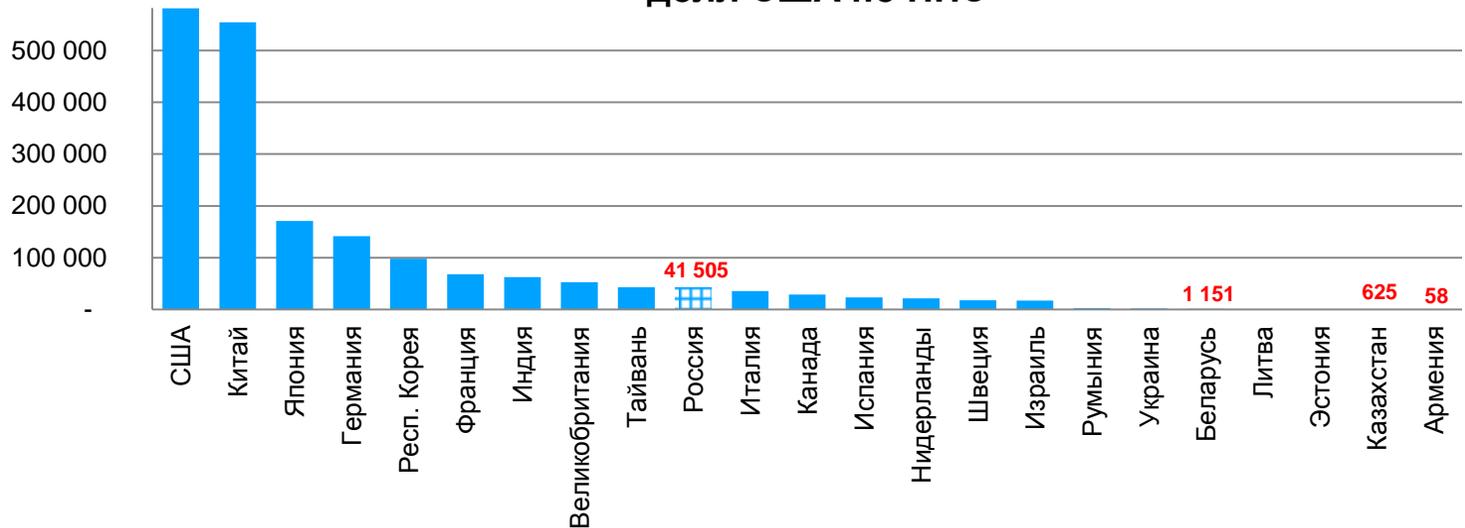
Область науки	Абсолютное количество публикаций российских авторов	Доля в общемировом количестве публикаций	Место России в мире
Медико-социальные дисциплины	61401	1,29%	23 в мире
Медицина	52926	1,31%	20 в мире
Сестринское дело	1526	0,53%	37 в мире
Ветеринария	529	0,42%	48 в мире
Стоматология	190	0,20%	51 в мире
Медицинские специальности	4945	2,45%	15 в мире
Медико-биологические науки:	69257	1,95%	16 в мире
Сельскохозяйственные и биологические науки	27138	2,20%	14 в мире
Биохимия, генетика и молекулярная биология	34860	1,95%	16 в мире
Иммунология и микробиология	8149	Н.д.	18 в мире
Нейронауки	4618	1,16%	23 в мире
Фармакология, токсикология и фармацевтика	8286	1,62%	17 в мире
Все естественные науки	376377	4,41%	7 в мире
Химические технологии	24631	3,07%	10 в мире
Химия	58011	4,25%	7 в мире
Компьютерные науки	58120	2,69%	11 в мире
Науки о Земле	54238	6,97%	5 в мире
Энергетика	30224	4,03%	6 в мире
Инженерные науки	116435	3,47%	7 в мире
Охрана окружающей среды	37936	3,57%	10 в мире
Материаловедение	95284	5,44%	5 в мире
Математика	54618	4,53%	7 в мире
Физика и астрономия	139461	7,47%	4 в мире
Все социальные науки	69333	2,42%	12 в мире
Искусство и гуманитарные науки	21691	2,93%	9 в мире
Бизнес, менеджмент и бухгалтерское дело	12127	2,46%	13 в мире
Наука о принятии решений	10238	3,53%	8 в мире
Экономика, эконометрика и финансы	11254	3,36%	10 в мире
Психология	4255	1,07%	22 в мире
Социальные науки	41205	2,52%	12 в мире

Экспорт продукции высокотехнологичных отраслей и вооружений в зависимости от затрат на НИОКР (млрд. долл. по ППС)



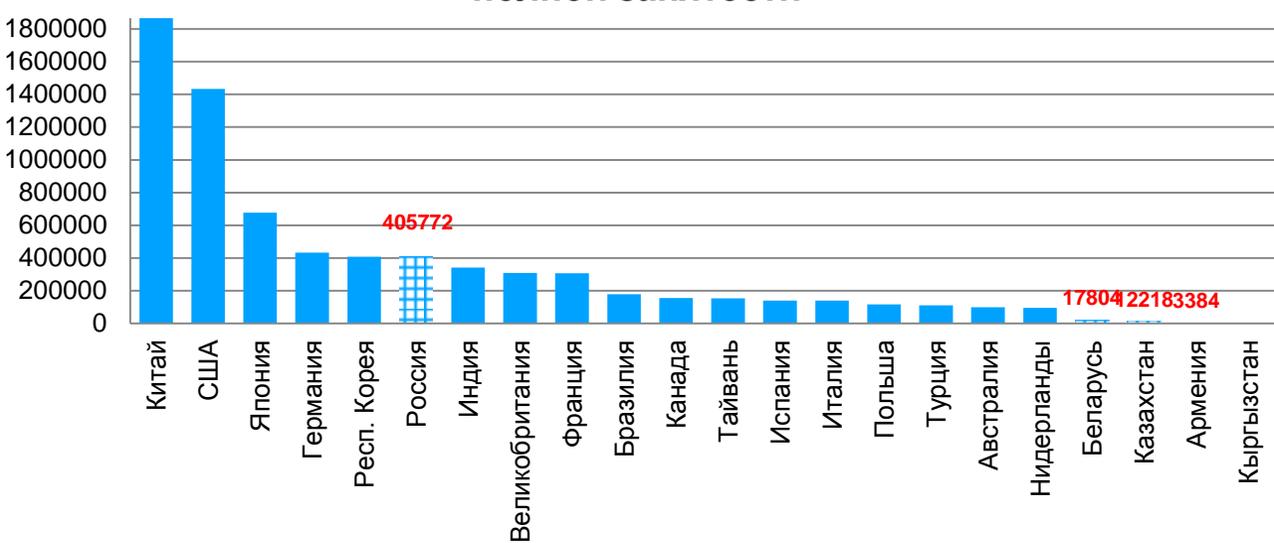
Для России характерен низкий уровень эффективности затрат на НИОКР (плохое соотношение затрат на НИОКР и экспорта)

Внутренние затраты на исследования и разработки, млн долл США по ППС

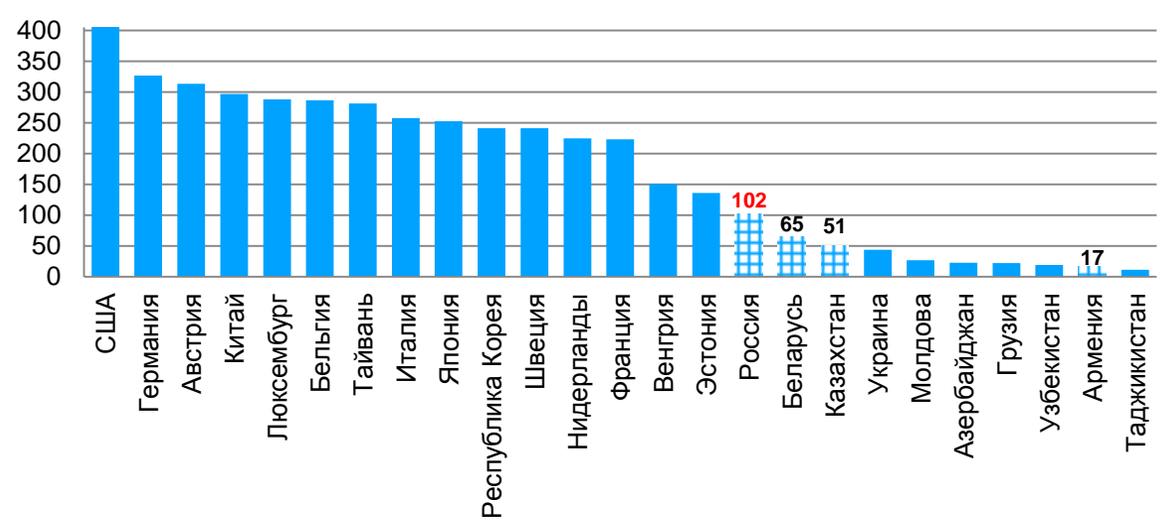


Уровень концентрации расходов на НИОКР в расчёте на одного исследователя существенно ниже уровня, обычного для технологически развитых стран. Это – результат сочетания избыточно широкого спектра приоритетов при ограниченном (гос)финансировании. Если ситуация сохранится, вероятно сжатие занятости в научно-технологической сфере, с постепенной утратой технологических заделов и инженерных школ. Альтернатива – рост затрат на НИОКР за счет частного корпоративного спроса.

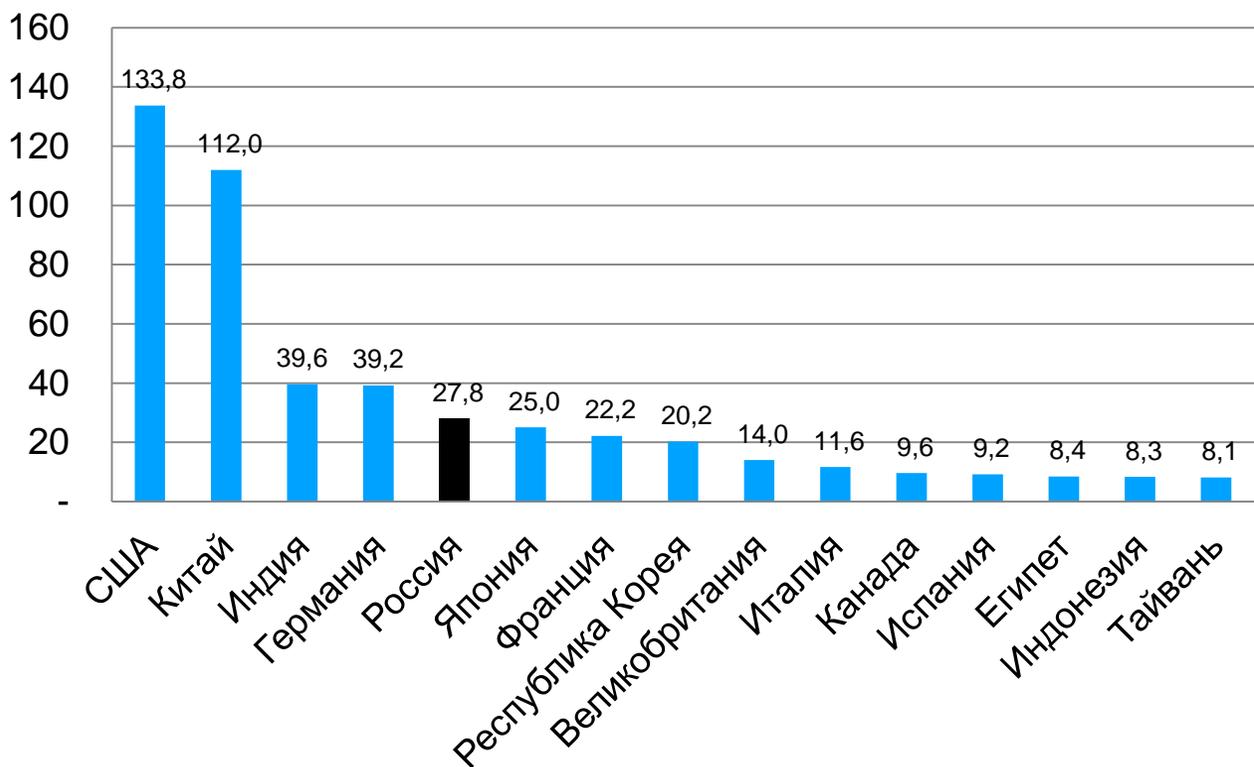
Численность исследователей, чел в эквиваленте полной занятости



Расходы на НИОКР в расчёте на 1 исследователя, тыс долл США по ППС

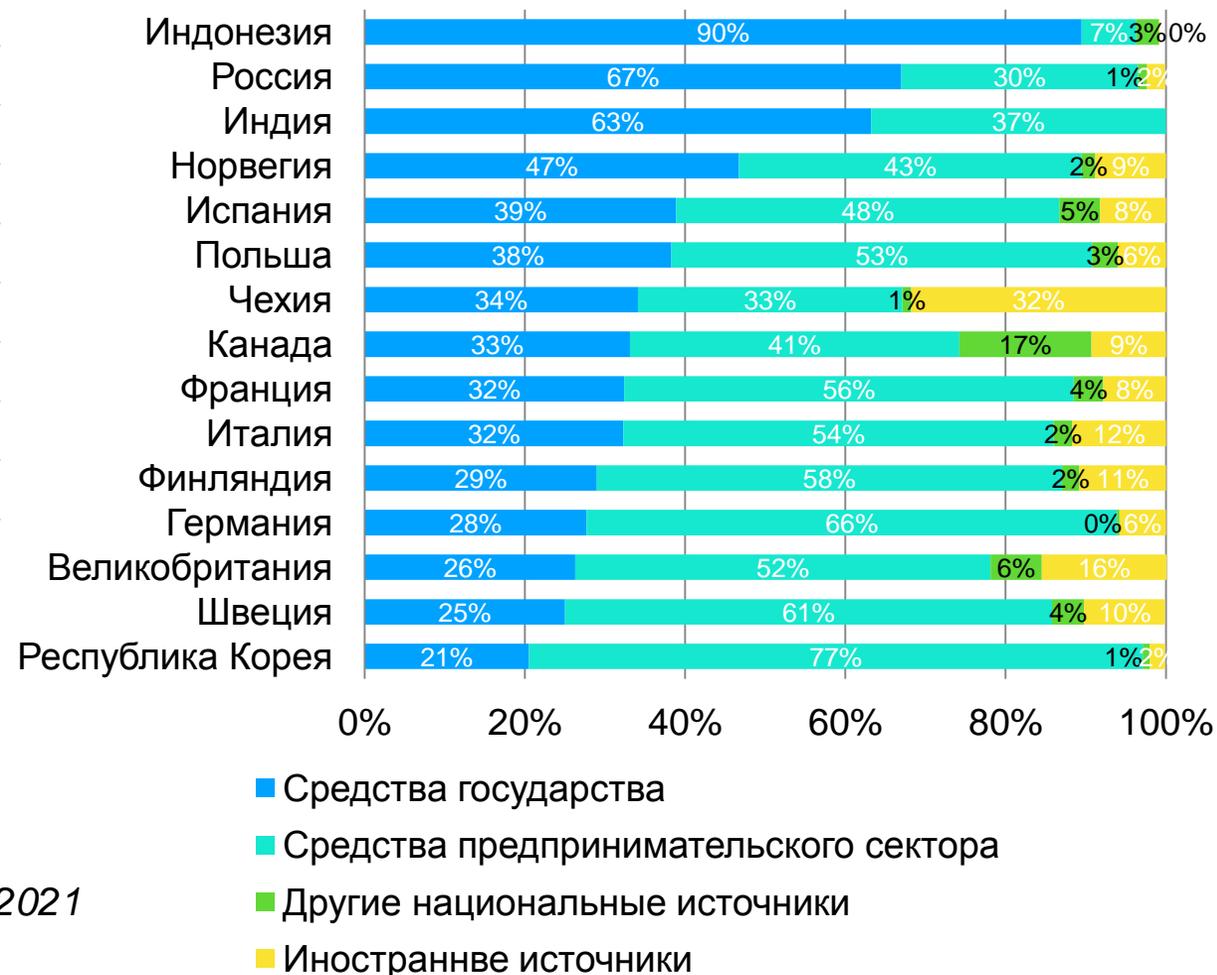


Расходы государства на исследования и разработки, млрд долл по ППС, 2018 год



Источник: Гохберг Л. М. и др. Индикаторы науки: 2021. – 2021

Структура внутренних затрат на исследования и разработки по источникам финансирования, 2018 год

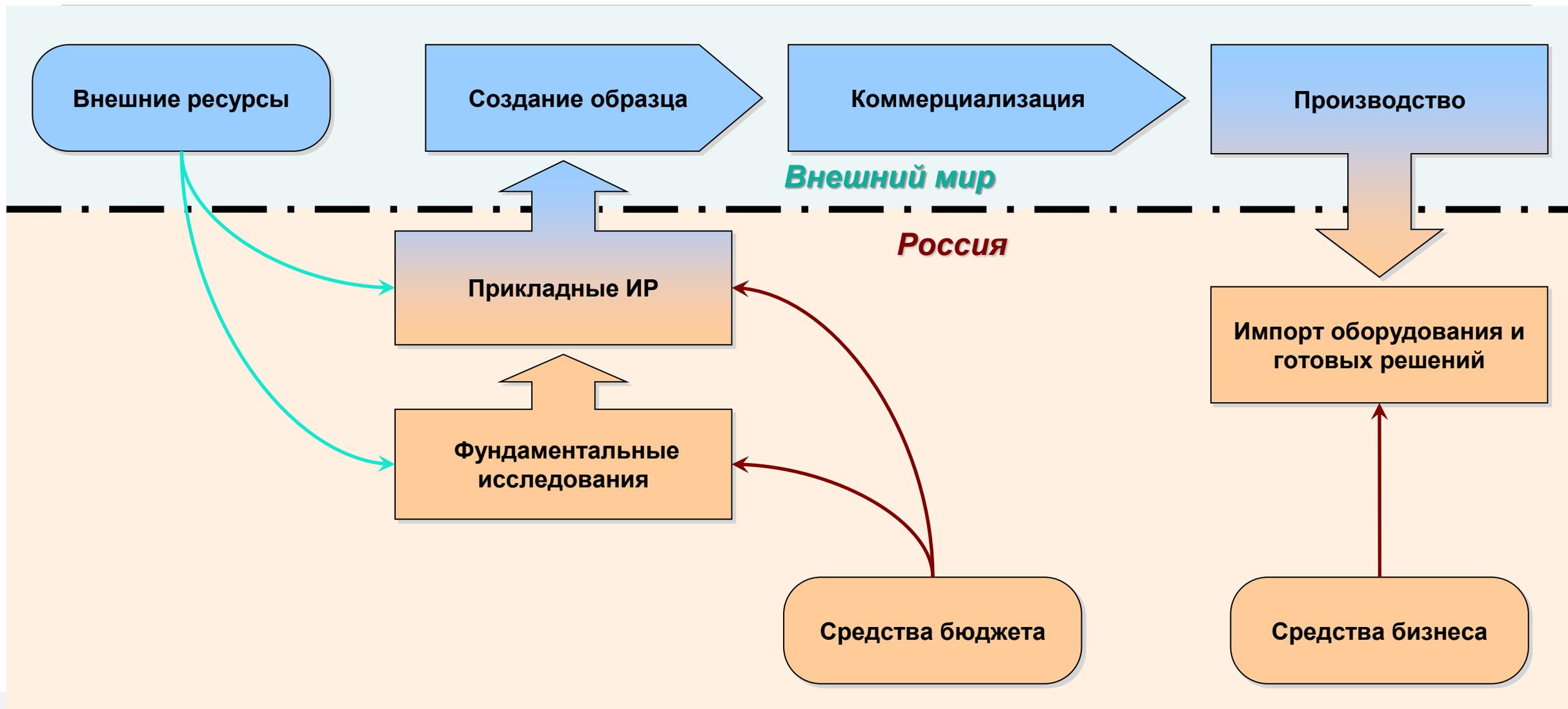


Эффективность стимулирования технологического развития

Возможности наращивать финансирования «технологий ради технологий» исчерпаны

- дальнейший «фронтальный» рост финансирования науки и технологий – нереален из-за бюджетных ограничений;
- кроме того, «фронтальный» рост ведет к потере приоритизации – а значит, и крайне низкой концентрации ресурсов на действительно приоритетных и востребованных направлениях;
- низкая концентрация ресурсов, в свою очередь, ведет к малой эффективности российского высокотехнологического сектора. В итоге, значительные – на уровне европейских стран – расходы на НИОКР – крайне слабо трансформируются в рост высокотехнологичного экспорта, поступления с рынка технологий и т.д.;
- это, в свою очередь, ведет к превращению российской инновационной системы в «разомкнутую», когда российские расходы на НИОКР, фактически, работают на конкурентоспособность других экономик.

В России сложилась модель «разомкнутой ИС»



Дилемма науки и технологий

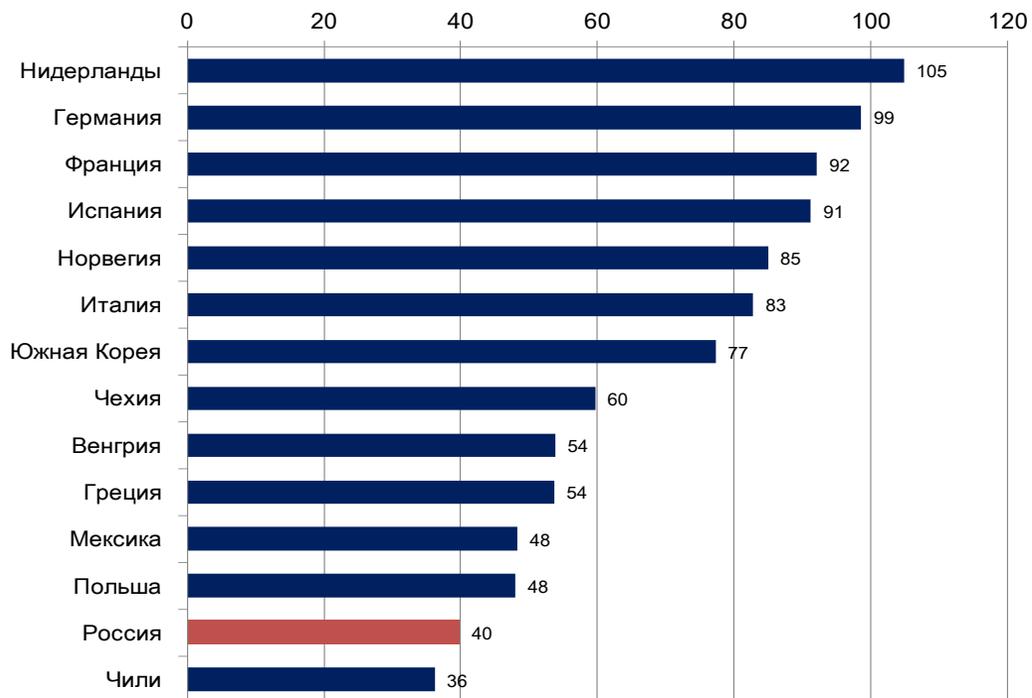
- Либо России удастся увеличить финансирование НИОКР компаниями в 4 раза, с нынешних 12,24 млрд. долл. по ППС до 49 млрд. долл. при сопутствующем росте прочих источников (включая иностранные) с 1,4 млрд. долл. по ППС до 6,15 млрд. долл. по ППС, что будет означать общий рост расходов на НИОКР с 41,5 до 83 млрд. долл. (с 1% ВВП до 2% ВВП). С одной стороны, это будет означать вывод финансирования в расчёте на одного исследователя на уровень в 200 тыс. долл. США по ППС., соответствующий показателям Финляндии, Чехии, Исландии и Мексики.
- либо финансирование сферы НИОКР (со стороны государства – в силу бюджетных ограничений, со стороны компаний – в силу низкой мотивации) останется на нынешнем уровне. Тогда выравнивание финансирования рабочего места в науке приведет, видимо, к сжатию численности исследователей на 30-40%, с 406 тыс. до 250-280 тыс. чел., с соответствующей потерей компетенций и потенциала развития.

3

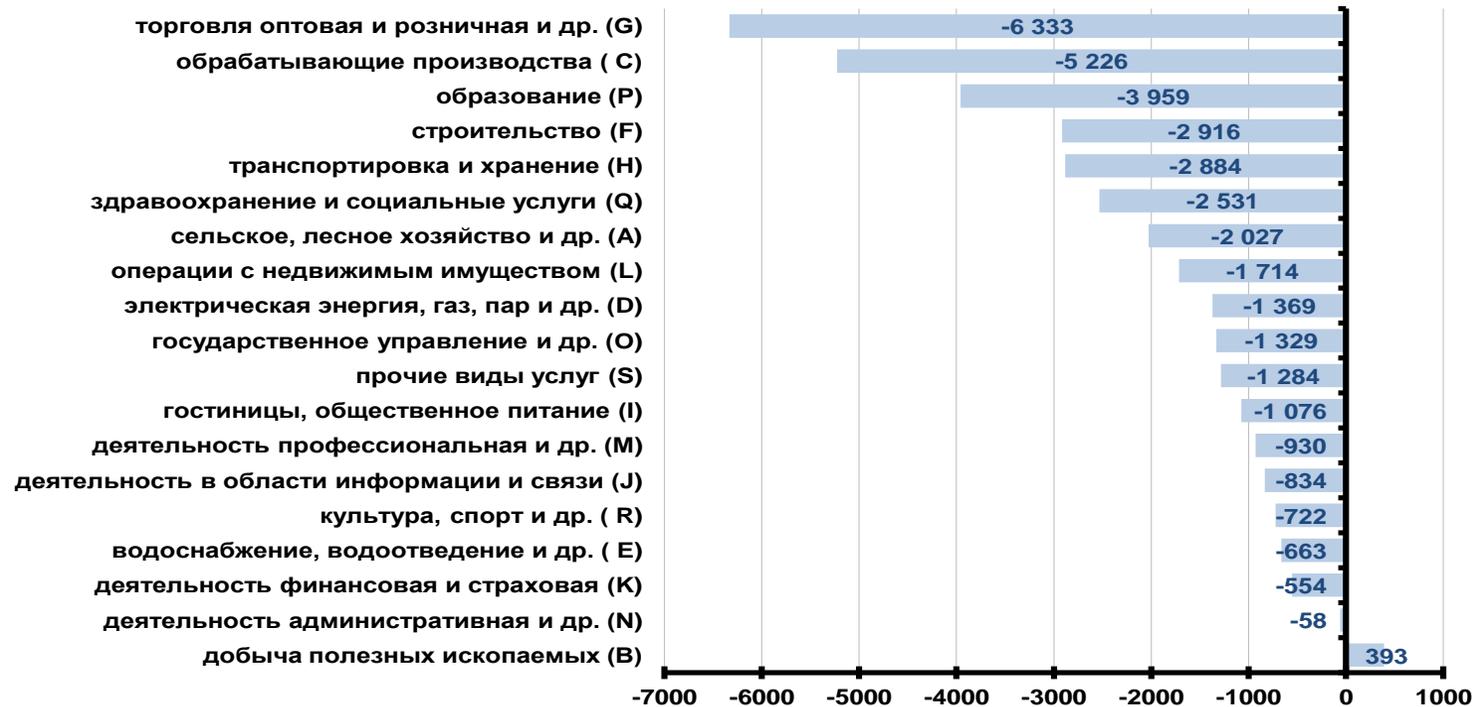
Россия: возможная концепция
решения

При этом есть социальные ограничения на технологическое развитие на уровне

Производительность труда в базовых несырьевых отраслях в 2015-2017 гг. (тыс. долл. по ППС)



Потенциал высвобождения занятых при выходе на нынешний уровень производительности труда Италии (тыс. чел.)

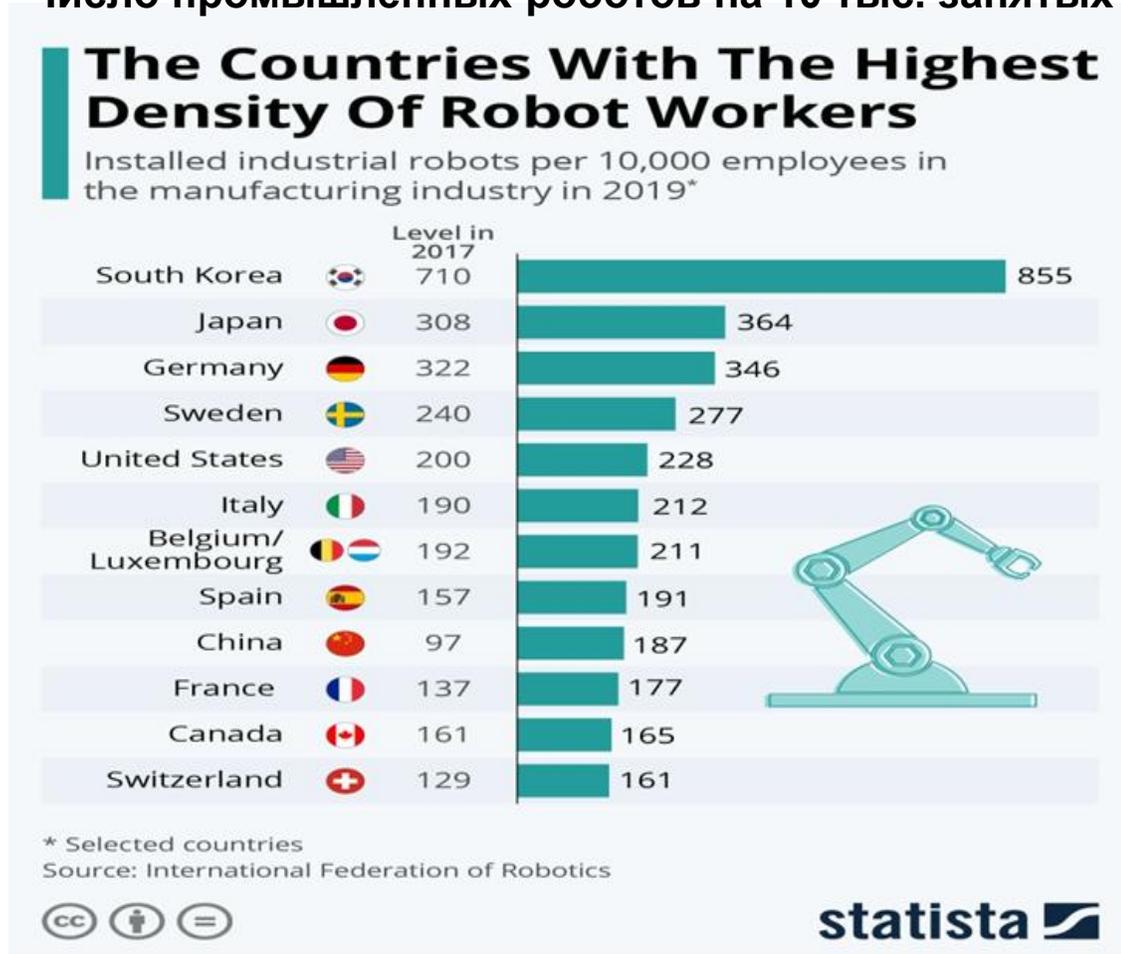


Сложился замкнутый круг: избыточная занятость – низкие зарплаты (чтобы удержать издержки) – бедность и недопотребление

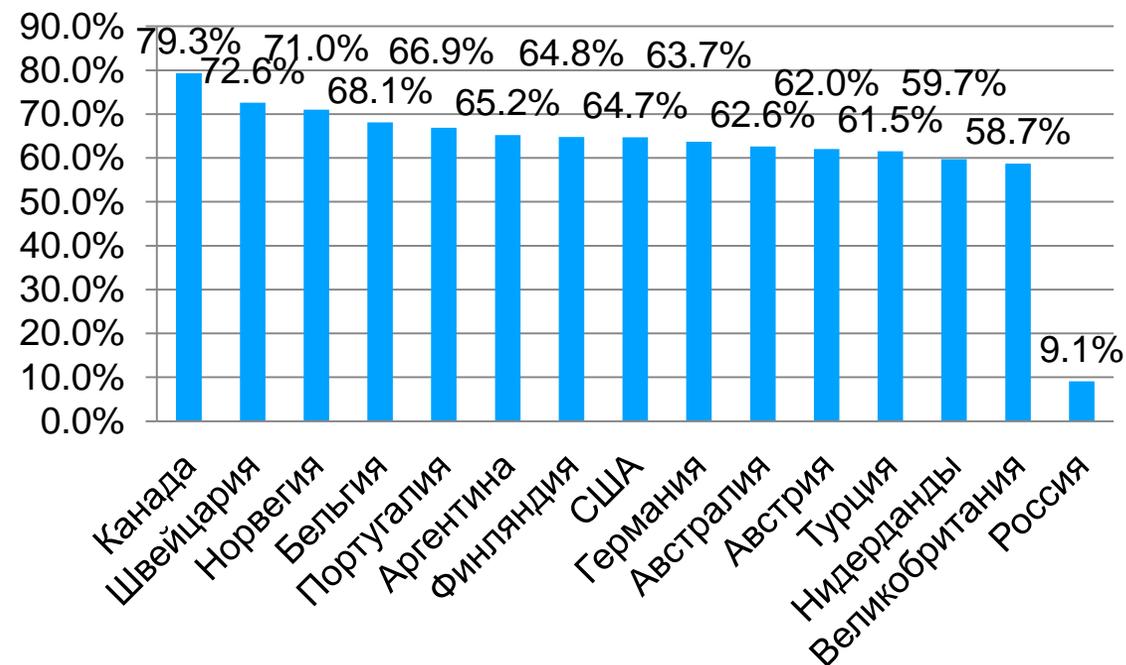
Технологическая революция означает риски массового высвобождения занятых, ликвидирующее «аграрно-промышленное перенаселение» (в Китае аналогичный процесс уже прошел – «кризис госпредприятий» в 90х годах с тяжелейшими социальными последствиями). Это же создает окно возможностей для развития новых отраслей – но для этого нужна масштабная система переобучения («второе образование», мощностью порядка 1-1.5 млн. занятых в год) и жилстроительства

Сложилась «ловушка дешевого труда»

Число промышленных роботов на 10 тыс. занятых



Уровень инновационной активности организаций, по данным обследований 2014-2017 годов



Источник: Гохберг Л. М. и др. Индикаторы науки: 2021. – 2021

Источник: The Countries With The Highest Density Of Robot Workers.

URL: <https://www.statista.com/chart/13645/the-countries-with-the-highest-density-of-robot-workers>

Труд слишком дешев, чтобы замещаться роботами, соответственно, относительно низкопроизводителен – и от этого дешев. В России перед кризисом, в 2019 г. было 5 роботов на 10000 занятых в промышленности, при том, что среднее в мире количество – 99 роботов на 10000 (отметим, что Китай намерен выйти на уровень развитых стран - на 300+ роботов на 10000 занятых)

Сочетание четырех модернизаций:

Из сложно выстроенной системы задач развития вытекает достаточно сложная структура необходимых действий. В целом, она описывается идеей «четырех взаимосвязанных модернизаций».

- модернизации науки и воспроизводства научных заделов
- реализации прорывных проектов в сфере ответственности государства
- технологической модернизации массовых отраслей
- развитие новых технологий и новых бизнесов, лежащих вне «технологического мейнстрима», а также соответствующих экосистем

При этом, ключевой момент здесь – именно во взаимосвязи этих модернизаций

Технологическая модернизация массовых отраслей: форсайт



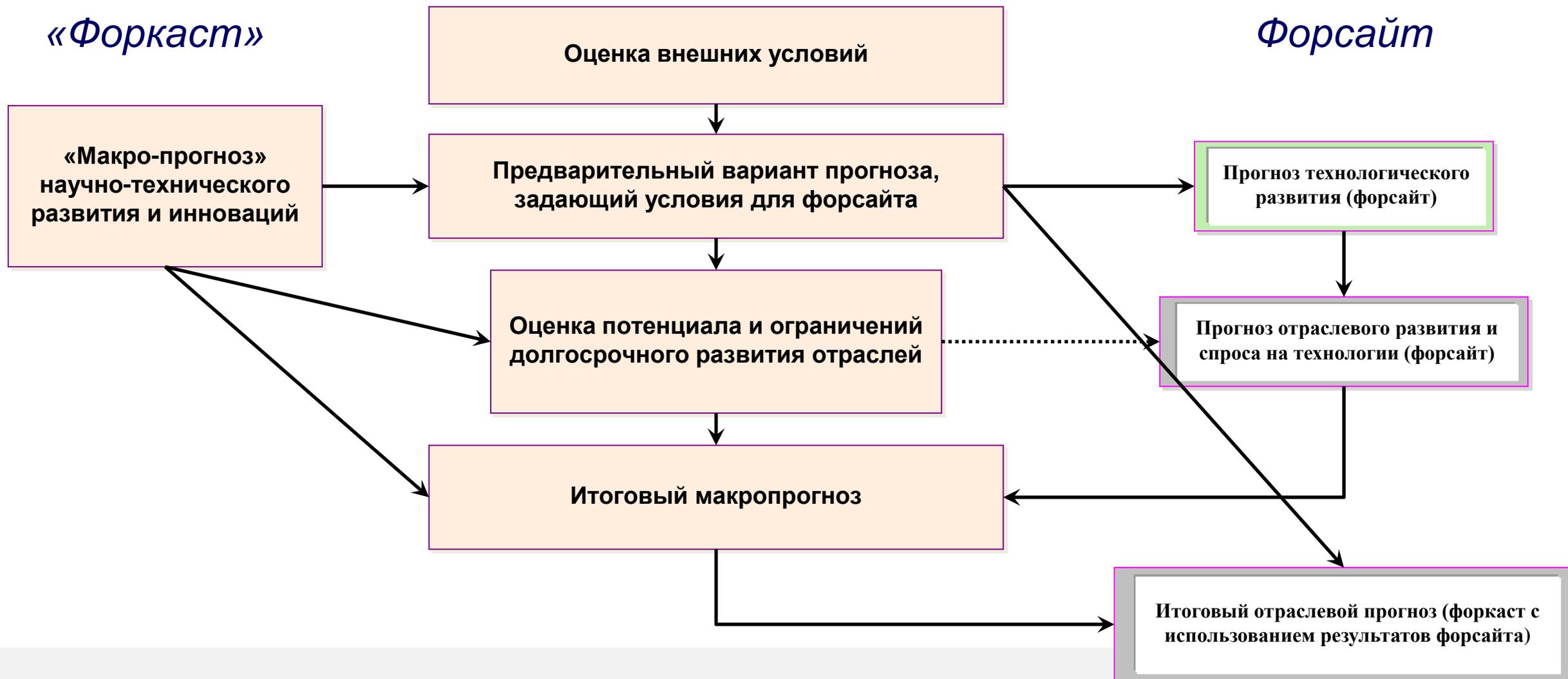
Цель научно-технологического форсайта заключается в вовлечении – через проведение опросов, углубленных интервью, специализированных фокус-групп и т.д. – в процесс определения приоритетов технологического развития непосредственных участников технологического процесса – компаний-производителей и потребителей технологических инноваций, а также отраслевых экспертов в сфере развития технологий.

Основными задачами научно-технологического форсайта являются:

- определение приоритетов научно-технологического развития на основе выявления научно-технологических приоритетов развития непосредственных участников научно-технологического развития (компании, научно-исследовательских организаций и т.п.);
- снятие барьеров и ограничений для научно-технологического сотрудничества компаний-участников научно-технологического развития;
- определение потенциального экономического и структурного эффекта от технологического развития.
- формирование постоянно действующих сетей кооперации между компаниями, организациями науки, экспертным сообществом и представителями госорганов по вопросу выработки наилучших приоритетов и методов научно-технической политики.

«Форкаст»

Форсайт



К новой структуре управления развитием

Баланс «проектов и институтов»

- уметь определять ключевые тренды и искать прорывные рынки;
- уметь концентрировать ограниченные (не только финансовые, но и человеческие, административные и др.) ресурсы
- умение жестко выводить устаревшие элементы

Баланс сильного порядка (основанного на сотрудничестве государства и бизнеса) и «творческой ризомы», обеспечивающей постоянный приток инноваций «снизу»

Умение создавать среду («экосистему») экономического и технологического роста и среду коммуникаций всех участников процесса.