

**К XIX Апрельской  
международной  
научной конференции  
по проблемам развития  
экономики и общества**

10–13 апреля 2018 г.  
Москва

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРИ УЧАСТИИ ВСЕМИРНОГО БАНКА

---

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ**

*Доклад НИУ ВШЭ*



---

Издательский дом  
Высшей школы экономики  
Москва, 2018

УДК 338.4+001.8  
ББК 65.2/4  
Т38

Редакционная коллегия:  
Л.М. Гохберг (главный редактор),  
Я.Я. Радомирова, А.В. Соколов, А.А. Чулок

Авторы:

В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, Н.Н. Веселитская,  
К.О. Вишневский, М.А. Гершман, А.В. Гиглавый, Л.М. Гохберг,  
А.Ю. Гребенюк, Ю.Я. Дранев, С.А. Заиченко, М.А. Клубова,  
Н.А. Крупенский, Т.Е. Кузнецова, И.Ф. Кузьминов, И.С. Лола,  
А.Л. Максимов, Л.Ю. Матич, Т.А. Мешкова, Ю.В. Мильшина,  
Е.Ю. Мязина, Л.Н. Проскуракова, Я.Я. Радомирова,  
Е.В. Сабельникова, Б.В. Сёмин, С.Н. Слободяник, А.В. Соколов,  
Е.М. Стырин, М.С. Токарева, Ю.В. Туровец, К.С. Фурсов,  
Е.Е. Хабирова, А.А. Чулок, С.А. Шашнов, Н.А. Шматко

**Технологическое будущее российской экономики** [Текст]: докл. к  
Т38 XIX Апр. междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики  
и общества, Москва, 10–13 апр. 2018 г. / гл. ред. Л. М. Гохберг ;  
Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом  
Высшей школы экономики, 2018. — 193, [1] с. — 500 экз. — ISBN  
978-5-7598-1752-9 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-1810-6 (e-book).

В основу доклада положены материалы, подготовленные Институтом статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) под эгидой Минобрнауки России при участии большой группы ведущих экспертов в рамках работы по приведению Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года в соответствие с требованиями Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации».

В фокусе исследования — динамика российской экономики и ее секторов, их проблемы и перспективы на фоне происходящих технологических сдвигов. Прогноз базируется на системной оценке глобальных и национальных трендов, оказывающих влияние на сферу науки и технологий, порождаемых ими вызовов; достигнутого уровня, возможностей и потребностей научно-технологического развития с учетом стоящих перед страной социально-экономических целей, имеющихся ресурсов и накопленных заделов.

Применение современного аналитического аппарата к анализу огромного массива информации позволило заметно расширить спектр содержательных исследовательских постановок и задач, многие из которых в России ранее не обсуждались, наметить пути их решения.

УДК 338.4+001.8  
ББК 65.2/4

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики  
<<http://id.hse.ru>>

ISBN 978-5-7598-1752-9 (в обл.)  
ISBN 978-5-7598-1810-6 (e-book)

© Национальный исследовательский  
университет «Высшая школа экономики», 2018

## Содержание

Введение .....	5
1. Глобальные тренды .....	9
2. Сценарии научно-технологического развития .....	18
3. Перспективы развития секторов экономики .....	29
3.1. Агропромышленный комплекс .....	29
3.2. Добыча и переработка энергоресурсов .....	34
3.3. Металлургический комплекс .....	39
3.4. Лесной комплекс .....	44
3.5. Легкая промышленность .....	49
3.6. Химический комплекс .....	52
3.7. Машиностроительный комплекс .....	58
3.8. Индустрия информации .....	66
3.9. Транспортный комплекс .....	71
3.10. Космическая деятельность .....	75
3.11. Электроэнергетика и ЖКХ .....	79
3.12. Строительный комплекс .....	86
3.13. Финансовый сектор .....	92
3.14. Здравоохранение и фармацевтика .....	97
3.15. Торговля .....	103
3.16. Государственное управление .....	107
4. Направления научно-технологического развития .....	114
4.1. Платформенные (сквозные) технологии .....	114
4.2. Целевые направления .....	129
5. Образование .....	145
5.1. Перспективы развития .....	145
5.2. Спрос на компетенции кадров .....	153
6. Наука .....	160
6.1. Оценка достигнутого уровня .....	160
6.2. Перспективы развития .....	173
6.3. Направления совершенствования научно-технологической политики .....	180
Заключение .....	185
Литература .....	187

## Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность коллегам, принимавшим активное участие в подготовке и обсуждении представленных материалов:

И.Р. Агамирзяну, С.М. Алдошину, М.В. Алфимову, Г.В. Андрушаку, А.В. Аникееву, Е.Ю. Астраханцевой, О.В. Байгозиной, М.А. Беловой, М.Я. Блинкину, В.Г. Бондуру, А.И. Боровкову, И.А. Буданову, В.В. Бурову, Г.Л. Волковой, М.Ю. Голанду, Е.В. Гутарук, К.И. Головшинскому, В.В. Дементьеву, О.В. Демидкиной, М.С. Добряковой, Я.Н. Драневу, А.В. Дутову, О.В. Ене, Г.В. Ермоленко, С.В. Жикиной, А.Б. Жулину, А.Г. Карпову, Н.С. Касимову, В.С. Катькало, Г.А. Китовой, А.Н. Клепачу, В.В. Колычеву, П.Е. Кондрашову, И.В. Коробко, И.А. Коршунову, М.Н. Коцемиру, И.А. Кузнецовой, Е.Б. Кузнецову, А.И. Кулапину, Е.С. Куценко, А.С. Лавриненко, А.В. Лисице, И.В. Логиновой, С.В. Мартыновой, С.Ю. Матвееву, А.М. Медведеву, М.Ш. Минцаеву, А.Н. Митрейкину, Е.Я. Моисеичеву, И.А. Мосичевой, А.А. Московской, Д.С. Никитину, Л.М. Огородовой, М.С. Орешкину, А.А. Осмоловскому, А.Г. Осьмаковой, В.С. Осьмакову, Д.Б. Пайсону, М.В. Патрушеву, А.В. Петрикову, А.К. Пономареву, Л.Д. Попович, В.О. Попову, Э.М. Пройдакову, Н.В. Равину, В.В. Радаеву, Т.В. Ратай, Т.В. Решетниковой, П.Б. Руднику, В.А. Рудю, С.Б. Сиваеву, К.Г. Скрябину, М.Ю. Соколовой, И.А. Соколову, Д.А. Судакову, К.И. Сыпало, С.Ю. Торбину, Г.В. Трубникову, М.В. Угрюмову, С.П. Филиппову, А.В. Хамардюк, А.Р. Хохлову, С.Л. Чернышёву, Б.Н. Четверушкину, А.Е. Шадрину, С.В. Шишкину, А.Б. Ярославцеву.

## Введение

Глобальные вызовы, с которыми сталкивается мир, требуют радикальной трансформации национальных экономик, включая их технологическую модернизацию, глубокую структурную и институциональную перестройку. Для современной России интеграция в эти процессы имеет стратегическое значение, но осложняется многоукладностью секторов экономики, разной скоростью их трансформации, низким уровнем инновационной культуры ключевых игроков, для которых инновации так и не стали основным источником конкурентоспособности, стратегическим приоритетом деятельности.

Решение подобных проблем давно стало для глобальных лидеров управленческой рутинной. Для России их преодоление все еще переносится на будущее, а релевантные подходы и инструменты нередко считаются новаторскими и дискуссионными. В профессиональных сообществах, органах власти нет четкого согласованного понимания по множеству актуальных для научно-технологического развития страны вопросов:

- Каковы глобальные вызовы, стоящие перед мировой экономикой, и как они проецируются на Россию, провоцируя при этом возникновение тех или иных угроз либо возможностей?
- Каким будет облик ключевых секторов мировой экономики? Каковы перспективы технологической и производственной специализации России в условиях глобальной цифровизации и новой промышленной революции?
- Какова судьба традиционных рынков и перспективы возникновения новых?
- Какие технологии способны выступить драйверами развития российской экономики?
- Какие требования к кадрам и их компетенциям порождает трансформация технологической структуры экономики?
- Какова роль науки в формировании плацдарма для технологического рывка?
- Как меняются облик науки, ее организация и механизмы функционирования?
- Насколько актуальны для России современные модели открытой науки, открытых и инклюзивных инноваций?

Для ответа на эти вопросы требуется комплексный подход к определению приоритетов технологического развития, формиро-

ванию эффективной государственной политики в сфере науки и технологий.

Прогнозные исследования по релевантной тематике проводятся в НИУ ВШЭ с 2006 г. Их результаты стали основой Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Минобрнауки России, НИУ ВШЭ, 2014; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, HSE, 2016], утвержденного Правительством Российской Федерации в 2014 г. и актуализированного в 2016–2017 гг. Экспертная база Прогноза включает более 250 организаций, свыше 2000 ведущих российских и зарубежных экспертов — представителей научных центров, вузов, бизнеса и др.

В докладе представлены ключевые результаты этого долгосрочного проекта (рис. 1). Из-за сложности и масштабов исследовательских задач, многие из которых никогда не ставились в России даже на концептуальном уровне, разнообразия необходимых сведений<sup>1</sup> потребовалось привлечение современного аналитического аппарата. Был использован широкий спектр количественных и экспертных методов прогнозирования, зарекомендовавших себя в международной практике, а также инструменты обработки и интеллектуального анализа больших массивов данных, позволяющие интегрировать различные источники информации. В частности, были задействованы возможности информационной системы iFORA<sup>2</sup>, разработанной специалистами ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

---

<sup>1</sup> Среди более чем 700 использованных источников информации — российские и зарубежные аналитические исследования и прогнозы, включая материалы международных организаций, компаний, исследовательских центров, профессиональных ассоциаций; стратегические документы, отражающие перспективы развития российской экономики и ее секторов; международные и российские базы статистической и наукометрической информации; сведения, аккумулируемые в государственных информационных системах.

<sup>2</sup> Система интеллектуального анализа больших данных iFORA на данный момент содержит обработанную информацию из более чем 20 млн документов, при этом пополнение новыми источниками производится в режиме реального времени. Архитектура системы представлена множеством программных модулей, из которых официально зарегистрированы в реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФИПС) «Алгоритм тематической категоризации слов в структурированных метаданных научных статей» (свидетельство № 2016662830 от 03.10.2016) и «Программный комплекс мониторинга глобальных технологических трендов “Global Trend Monitoring System”» (свидетельство № 2014618480 от 21.08.2014).

С ее помощью был проведен семантический (смысловой) анализ больших коллекций полнотекстовых документов (текст-майнинг), извлечены детализированные сведения из крупных библиотек документов<sup>3</sup>. Результаты анализа визуально представлены в формате семантических карт и тренд-карт. В итоге удалось заметно расширить спектр исследовательских постановок.

В докладе, подготовленном ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, представлены основные положения и результаты прогнозных исследований. В их фокусе — динамика секторов экономики, барьеры и перспективы их развития на ближайшие 20 лет на фоне происходящих масштабных технологических сдвигов. Прогноз базируется на системной оценке трендов, оказывающих влияние на сферу науки и технологий, порождаемых ими вызовов в глобальном и национальном контекстах; достигнутого уровня, возможностей, первоочередных потребностей научно-технологического развития с учетом стоящих перед Россией социально-экономических целей, имеющихся ресурсов и накопленных заделов. Он построен с учетом альтернативных сценариев<sup>4</sup>, обозначенных в Стратегии научно-технологического развития России (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642), внешних условий и внутренних (макроэкономических, структурных и институциональных) факторов развития страны. Прогноз служит научной, методической и эмпирической базой для реализации приоритетов, предложенных в Стратегии.

Построены «карты» перспективных рынков, продуктов и услуг; рассмотрены технологические направления — платформенные (информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), цифровое производство и новые материалы, биотехнологии, космические системы) и целевые (здоровье, продовольствие, природные ресурсы и окружающая среда, новая энергетика, транспортные системы).

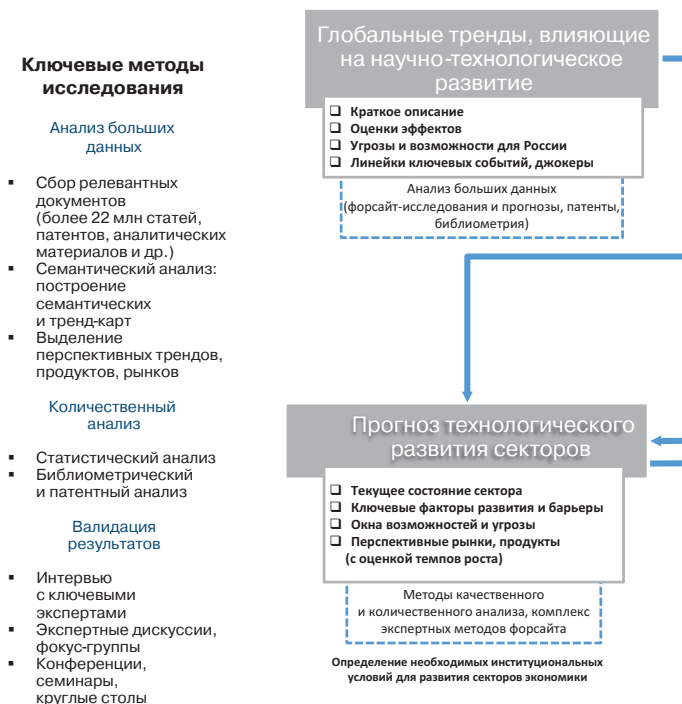
Сочетание рыночного (market pull) и технологического (technology push) подходов позволило найти баланс между долгосрочными

---

<sup>3</sup> Выделены порядка 150 глобальных трендов, 400 традиционных и новых рынков, 450 инновационных продуктов и услуг, оценены темпы их роста, идентифицированы 320 перспективных областей исследований и разработок.

<sup>4</sup> Сценарии «Технологическая адаптация» и «Технологический рыбок» были представлены на XVIII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества (Москва, 11–14 апреля 2017 г.) [Гохберг и др., 2017].

**Рис. 1.** Методология исследования



*Источник:* ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

вызовами и доступными ресурсами для их парирования, сформировать для каждого из сценариев «портфели» технологий — перечни перспективных областей исследований и разработок (ИР).

Одной из исследовательских новаций, представленных в докладе, является рассмотрение науки и образования как секторов экономики, переживающих активные трансформационные процессы и призванных стать ключевыми драйверами научно-технологического прогресса.

В докладе выделены и систематизированы меры политики, направленные на завершение реформирования сферы науки и технологий, способствующие развитию перспективных технологических областей.





## 1. Глобальные тренды

Достижение стратегических целей развития России зависит не только от уровня развития и эффективности использования ее научно-технологического потенциала, но и от ряда внешних условий, связанных с действием глобальных трендов — крупномасштабных долгосрочных экономических, социальных, технологических и природных сдвигов, приводящих к радикальным изменениям условий жизни и деятельности человека, экономики и общества. Такие тренды, тесно взаимосвязанные между собой и способные как усиливать, так и нивелировать влияние друг друга, порожда-

ют «большие вызовы» для нашей страны, окна возможностей либо угрозы для сферы науки и технологий.

### **Изменение природной среды**

Климатические процессы, рост антропогенной нагрузки на окружающую среду приводят к сокращению биоразнообразия и деградации экосистем. Одновременно истощаются природные ресурсы (минерально-сырьевые, водные, земельные, лесные и проч.), усиливается конкуренция за них. При ускоренном росте населения Земли снижается ее естественный агроклиматический потенциал, обостряются проблемы продовольственного обеспечения. Загрязнение окружающей среды негативно влияет на здоровье и качество жизни населения. В прогнозный период ожидается сохранение спроса на углеводороды и их высокой ценовой волатильности, что потребует повышения ресурсо- и энергоэффективности экономики, расширения использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), внедрения более жестких экологических стандартов, новых технологий переработки и утилизации отходов.

К наиболее значимым угрозам для России относятся усиление засушливости черноземных агропромышленных регионов, рост расходов электроэнергии на охлаждение и кондиционирование воздуха, работу морозильных установок, увеличение числа стихийных бедствий и экономического ущерба от них. Вероятно распространение возбудителей эпизоотий и эпифитотий в нехарактерные для них районы. Деградация вечной мерзлоты приведет к ухудшению условий и повышению стоимости добычи нефти и газа, что в сочетании с истощением дешевых запасов качественных углеводородов и низким коэффициентом их извлечения грозит исчерпанием возможностей экстенсивного экономического роста.

Окна возможностей для России заключаются в потенциальном улучшении агроклиматических условий в регионах средней полосы и Севера (на фоне роста глобального спроса на продовольствие); снижении энергопотребления и расходов на отопление; увеличении периода навигации по Северному морскому пути; расширении географии поставок транзита энергоресурсов; росте нефтегазодобычи на шельфе; повышении эффективности технологий использования энергоресурсов при снижении негативного воздействия на окружающую среду и климат; развитии возобнов-

ляемой энергетики и экономики замкнутого цикла, расширении и интенсификации развития рекреационных территорий; повышении качества жизни населения в связи с внедрением более жестких стандартов охраны окружающей среды и сокращением загрязнений; использовании потенциала биоразнообразия на территории страны (доступ к уникальным национальным коллекциям микроорганизмов, растений и т.п.) для исследовательских и бизнес-проектов международного уровня.

### **Демографические и социальные трансформации**

Рост численности населения планеты и его концентрации в крупных городах повышает нагрузку на экосистемы и инфраструктуру, что может быть нивелировано за счет внедрения «умных» технологий в городскую среду. Увеличение продолжительности жизни порождает спрос на технологии, продукты, услуги, обеспечивающие активный образ жизни, рост «возрастной» занятости («серебряная экономика»), высокотехнологичное здравоохранение и персонализированную медицину. Необходимость решать продовольственные проблемы стимулирует развитие агро- и пищевых биотехнологий, внедрение новых технологий индустриального производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Последствия демографического перехода, миграционные процессы и социальное неравенство увеличивают риски новых эпидемий, возврата исчезнувших инфекций и, соответственно, запросы на качественные и доступные медицинские услуги. Изменение ценностей, образа жизни, цифровизация общества влекут за собой трансформацию моделей потребления (экономика совместного потребления, экологизация и др.). Под влиянием ИКТ и их конвергенции глобализация и цифровизация охватят и сферу образования, усилив ее междисциплинарный характер.

Угрозы для России определяются прогнозируемым сокращением численности населения страны, ростом миграционных потоков из азиатских стран, распространением инфекционных заболеваний (ВИЧ, туберкулеза и др.), возможным снижением стандартов социальных услуг и качества жизни. Прогресс может сдерживаться такими факторами, как неравномерный доступ отдельных регионов страны и социальных групп к передовым технологиям, включая высокотехнологичную медицину и новейшие лекарственные препараты, низкий уровень участия граждан в непрерывном образовании. Препятствовать преодолению этих угроз будут отста-

вание научно-исследовательской, опытно-экспериментальной, производственно-технологической базы и образовательных программ, «утечка умов» в страны с более благоприятными условиями жизни и профессиональной деятельности.

Окна возможностей для России связаны с реализацией резервов инклюзивного развития — вовлечением населения старшего возраста и лиц с ограниченными возможностями в трудовую деятельность; повышением доступности и качества медицинских услуг, включая меры по профилактике и предотвращению заболеваний; развитием удаленных территорий посредством цифровизации экономики; повышением доступности образования; совершенствованием миграционной политики (сбалансированная экономическая и социокультурная интеграция мигрантов); возрождением индустриальных моногородов в качестве центров инновационного развития; мобилизацией творческого и культурно-ценностного потенциала и предпринимательской энергии для осуществления технологического рывка.

### **Переход к новой модели экономического роста**

Вследствие глобализации экономических связей и распространения новых технологий глобальные цепочки стоимости концентрируются вокруг центров создания знаний, возрастает значение «умной» специализации стран и регионов на базе имеющихся научно-технологических заделов. Новые рынки будут характеризоваться горизонтальной (платформенной) структурой, гибкой организацией производственных связей, повышением роли интеллектуальных продуктов и услуг. В условиях усиления конкуренции в мире, ускорения научно-технологического прогресса, сокращения жизненного цикла продукции происходят трансформация моделей и сжатие инновационного цикла разработки и распространения технологий, продуктов и услуг, повышается интенсивность инновационной деятельности во всех секторах экономики. Способности к созданию новой продукции, модернизации производства, организационным нововведениям становятся одним из ключевых факторов обеспечения гибкости и адаптивности производства к спросу, успешной интеграции в цепочки создания стоимости и долгосрочной конкурентоспособности предприятий и экономики в целом.

Новые модели открытых инноваций опираются на масштабные сетевые взаимодействия, доконкурентное сотрудничество, актив-

ную торговлю технологиями и иными объектами капитала знаний. Эти изменения касаются не только крупных предприятий, но и научных организаций и университетов, малого и среднего бизнеса, объектов инновационной инфраструктуры и других участников инновационного процесса. Трансформируются институциональные механизмы, включая обеспечение благоприятной среды для предпринимательства, защиты и коммерциализации прав интеллектуальной собственности.

Бизнес-модели, основанные на принципах экономики совместного потребления и электронных платформах, позволят исключить посредников из производственных цепочек, сократить неэффективные расходы компаний и населения. Структура рынка труда меняется под влиянием процессов роботизации, замены рутинного труда искусственным интеллектом, динамичного обновления требований к компетенциям и навыкам, роста удаленной занятости и трудовой мобильности.

Ключевые угрозы для России — сохранение низкой доли добавленной стоимости, созданной в стране; модели догоняющего развития и технологической зависимости от иностранных поставщиков; дисбаланса спроса и предложения на рынке труда, включая дефицит высококвалифицированных специалистов; барьеров для мобильности населения; автономии науки от реального сектора экономики; слабой инновационной активности предприятий; неблагоприятного инвестиционного и бизнес-климата; неэффективных в целом механизмов защиты прав собственности и обеспечения честной конкуренции. Россия рискует остаться глобальным поставщиком инновационного «сырья», а ее материальный и интеллектуальный капитал будет и дальше поглощаться транснациональными компаниями.

Окна возможностей для России связаны с использованием человеческого капитала и научных достижений для вовлечения отечественных компаний в наукоемкие звенья цепочек стоимости, модернизации мощностей, оптимизации процессов производства, закрепления на новых рынках, включая нишевые высокотехнологичные; созданием условий для локализации передовых технологий и управленческих компетенций; сокращением транзакционных издержек в результате адаптации к меняющимся формам экономических отношений. Учитывая технологическое отставание в ряде секторов экономики, особое значение будет иметь создание производств на базе принципиально новых технологических и организационных инноваций, формирование технических

регламентов и стандартов, опережающих сложившуюся международную практику.

### **Трансформация геополитической ситуации и систем глобального управления**

Сегодня в мире наблюдаются переход к многополярности, рост региональной нестабильности, интенсификация борьбы за сферы влияния, усиление различий в трактовке международных правовых норм, появление новых стандартов и правил. В результате повышаются требования к эффективности соответствующих инструментов и институтов, возникают новые международные и региональные блоки и союзы. В ответ на «большие вызовы» меняются роль государств и повестка политики. Вокруг новых центров силы будут формироваться политические и экономические альянсы. Распространяются экономические и торговые рычаги геополитического влияния, включая ужесточение ограничений на передвижение людей, переток технологий, знаний, капитала, продуктов и услуг. Нарастание угроз экологической, энергетической, продовольственной, кибербезопасности, военных конфликтов и террористических актов может стать поводом для усиления вмешательства государства в экономику и частную жизнь.

Для России вероятен рост перечисленных и других угроз, усиление внешнеполитического давления на мировых и внутренних рынках в связи с повышением конфликтности в международных отношениях, попытками вытеснения России из числа стран, определяющих новые «правила игры».

Окна возможностей определяются поддержанием устойчивости внутренней политико-экономической обстановки, укреплением/налаживанием взаимовыгодного сотрудничества с традиционными и новыми игроками на глобальной арене, активным участием в формировании новых институтов управления, равноправных норм и правил международных отношений.

### **Формирование новой парадигмы научно-технологического развития**

Становление новой парадигмы научно-технологического развития обусловлено ярко выраженной ориентацией технологических изменений на усиление когнитивных и физических возможностей человека, в том числе в связи с разворачиванием новой индустриальной революции (создание, конвергенция, проникно-

вание во все сферы ИКТ, искусственного интеллекта, робототехники, биотехнологий; практическое использование материалов с заданными свойствами, современной электроники, новых источников энергии, способов ее хранения и передачи). Значимым фактором перехода на новую парадигму становятся цифровизация исследований и экспериментов, развитие новых методов и технологий их проведения (моделирование, обработка больших данных, роботизация экспериментов, сетевые инструменты анализа и обмена информацией и др.). Усиливается междисциплинарность ИР, растет капиталоемкость исследовательской инфраструктуры. Научно-технические достижения все чаще затрагивают социокультурные, этические и правовые вопросы. Социальная ориентация становится основой для новых управленческих подходов в парадигме «ответственных» исследований и инноваций.

В этих условиях многие страны активно переходят на новую модель организации и поддержки науки, в частности, на базе гармонизации институтов и эффективной адаптации лучших международных практик к национальным условиям. Ключевые характеристики модели — усиление стратегической ориентации и внимания к глобальному контексту политики, ее нацеленности на решение социально-экономических задач, достижение конкретных целей и эффектов (productive knowledge); акцент на повышение требований к продуктивности научной деятельности; стимулирование трансфера знаний и коммерциализации технологий, созданных в научных организациях и университетах (в том числе на сетевой основе, принципах превосходства и открытости), инновационной активности компаний в различных секторах экономики; развитие международной кооперации, в частности при реализации проектов меганауки и создании глобальных центров превосходства. Интенсифицируются контакты ученых разных стран, что приводит к росту академической мобильности, международного соавторства и совместного патентования.

Внедряется инвестиционный подход к обеспечению исследовательского процесса, усиливается дифференциация источников финансирования на базе интенсификации инициатив бизнеса, некоммерческих и общественных организаций, частных фондов; внедряются сквозные процедуры оценивания на всех уровнях (индивидуальном, проектном, организационном, страновом), инструменты доказательной научно-технологической политики.

Развиваются новые форматы кооперации бизнеса и науки (стратегические партнерства, технологические альянсы и т.п.).

Внедряются эффективные инструменты учета, правовой охраны и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в передовых научно-технологических областях (в части патентоспособности, возникновения авторских прав, регистрации прав на программные продукты, промышленные образцы, режимов защиты интеллектуальных прав), опирающиеся в том числе на новые возможности их фиксации и введения в оборот (леджер-технологии и т.п.).

Формируются новые компетенции, ориентированные на перспективные рынки и технологии, трансформируются профессиональные карьерные траектории ученых. Социальные сети, сервисы, целевые инициативы государства позволяют молодым специалистам быстрее интегрироваться в исследовательский процесс, осваивать необходимые компетенции, добиваться улучшения условий труда. Усиливается конкуренция за таланты, в том числе на основе практик международного найма.

Внедрение концепции открытой науки способствует вовлечению в исследовательскую деятельность все большего числа участников (включая население — *citizen science*); аккумуляции новых идей и инвестиций из разных источников, в том числе средств граждан (*crowdsourcing, crowdfunding*); повышению их научной грамотности, улучшению отношения к ученым и самой науке. Государство вносит заметный вклад в эти процессы, обеспечивая условия и стимулы (экономические и административные) для повышения доступности исследовательских результатов, трансформации организационных структур (лабораторий, институтов и др.), форм их взаимодействия между собой и с органами управления, саморазвития и самоорганизации.

На базе принципиально новых технологических решений происходит масштабная перестройка экономики. Конвергенция и распространение платформенных (сквозных) технологий межотраслевого назначения (ИКТ, био-, нано-, авиакосмических, ядерных технологий и т.п.), характеризующихся мультипликативными эффектами, становятся основой для возникновения новых и радикальной трансформации традиционных секторов, таких как топливно-энергетический, агропромышленный, транспортный комплексы, промышленность, строительство, сфера услуг, здравоохранение, образование, государственное управление. Нарастает скорость технологических инноваций, охватывающих все сферы экономики, государства, общества. Совершенствуются мо-



дели человеко-машинных взаимодействий, человеческий капитал усиливается за счет искусственного интеллекта.

Одновременно при ограниченных возможностях существующих институтов обеспечения безопасности граждан, бизнеса и государства обостряются риски техногенного характера. Правовые и этические рамки все сильнее препятствуют распространению отдельных достижений в области медицины, биотехнологий, робототехники, искусственного интеллекта. Индустриальная революция будет сдерживаться ресурсными ограничениями (в том числе финансовыми), возникающими вследствие изменения государственных приоритетов поддержки перспективных ИР, недостаточной заинтересованности бизнеса в быстром внедрении прорывных технологий, продуктов и услуг с новыми свойствами, способных разрушить сложившиеся рынки и бизнес-модели.

Угрозы для России связаны с риском утраты конкурентоспособности на мировых и внутренних рынках из-за отставания в темпах и масштабах перехода к новой индустриальной революции. Барьерами могут стать низкая договороспособность и слабость сетевых связей в области создания, коммерциализации и практического использования знаний и технологий; неразвитая конкурентная среда; отсутствие критической массы растущих компаний в новых секторах; нехватка специалистов, отвечающих новым требованиям к квалификации трудовых ресурсов; ограничения на внедрение отдельных перспективных технологий (генно-модифицированные продукты, клонирование и др.).

Окна возможностей для России могут возникать и расширяться в процессе повышения эффективности традиционных секторов на базе передовых технологий, создания принципиально новых прорывных производств за счет реализации накопленных научно-технологических заделов, увеличения продуктивности ИР. Существуют возможности для создания конкурентных преимуществ на перспективных рынках, включения российских компаний в международную производственную кооперацию, повышения ресурсо- и энергоэффективности экономики. В институциональном плане этому будут способствовать расширение существующих либо создание новых перспективных научно-образовательных систем (университеты — участники проекта «5–100», Фонд «Сколково», Национальная технологическая инициатива, инновационные научно-технические центры, Иннополис и др.).

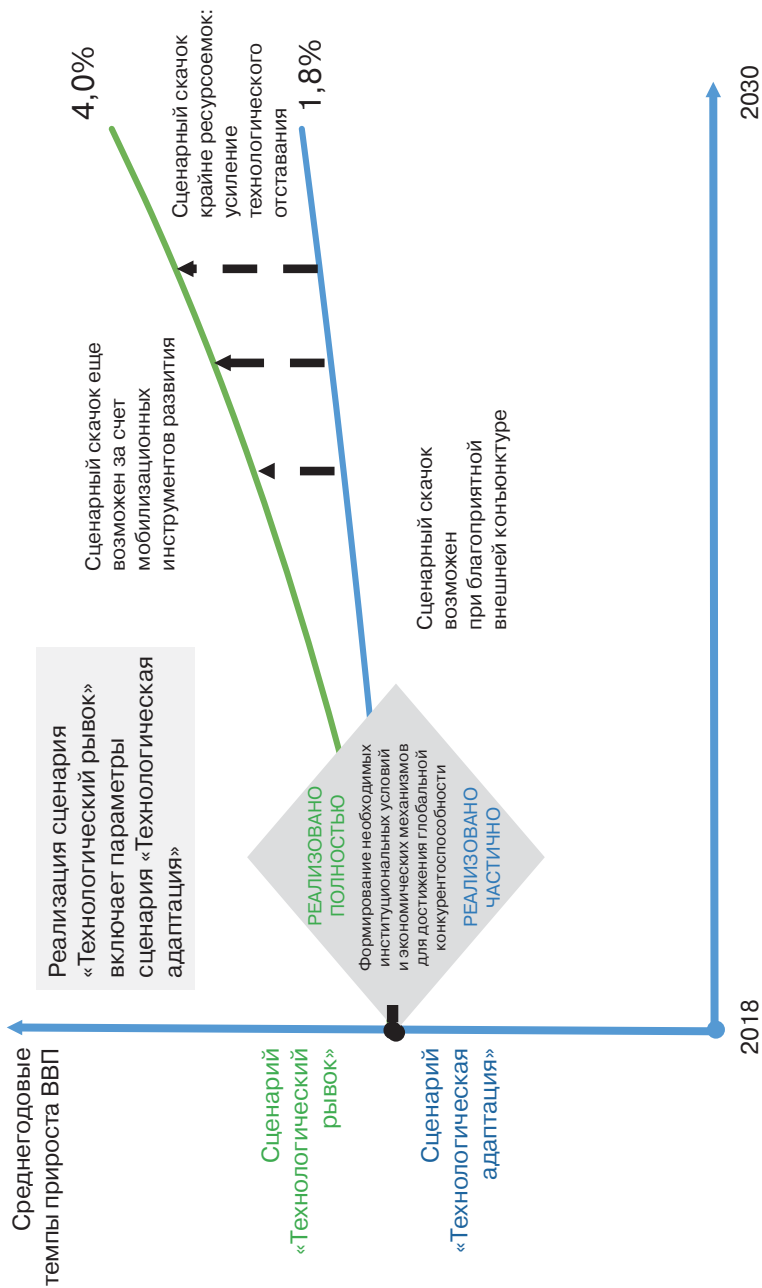
Степень достижения целей социально-экономического и научно-технологического развития будет зависеть от реализации следующих условий:

- ориентации на глобальную конкурентоспособность на всех этапах создания знаний и стоимости, что предполагает учет глобальных трендов, повышение эффективности и результативности сферы науки и технологий, в том числе за счет перехода к новой ее модели, укрепления кадрового потенциала и материально-технической базы;
- наличия гибкой, восприимчивой инновационной экосистемы для технологической модернизации существующих и развития новых отраслей; массовизации инноваций во всех секторах экономики; стимулирования спроса на научно-технологические достижения;
- развития механизмов приоритезации ИР, ориентированных на решение важнейших социально-экономических и экологических задач, обеспечение национальной безопасности и устойчивого роста;
- интеграции российской науки в мировое научно-технологическое пространство;
- повышения качества научно-технологической и инновационной политики, создания системы оценки эффективности реализуемых мер, обеспечения их адаптивности к глобальным трендам, включая эффективное использование альтернативных институтов, отвечающих специфике цифровой среды.

## 2. Сценарии научно-технологического развития

В прогнозном периоде рассматриваются два сценария научно-технологического развития России, обозначенные в Стратегии, — «Технологическая адаптация» и «Технологический рывок». Ни один из них не будет реализован «в чистом виде». На отдельных временных отрезках будут превалировать условия, соответствующие тому или иному варианту. Сценарий «Технологический рывок» является целевым, однако переход к нему произойдет поэтапно. Чем дольше продлится «подготовительная фаза», тем выше окажутся издержки перехода на целевую траекторию (рис. 2).

**Рис. 2.** Сценарии научно-технологического развития России



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Сценарий «Технологическая адаптация» является базовым и предполагает продолжение сложившейся траектории: масштабный импорт технологий и фрагментарное развитие ИР, интегрированных в мировую науку, но занимающих в ней подчиненное положение. Сценарий не позволяет в полной мере обеспечить достижение целей и реализацию приоритетов научно-технологического развития; создание значимых заделов по перспективным направлениям исследований, актуальность которых возрастет в долгосрочной перспективе. К концу прогнозного периода повышается риск дальнейшего усиления технологической зависимости и снижения конкурентоспособности российской экономики.

Сценарий «Технологический рывок» даст возможность достигнуть лидерства по отдельным направлениям развития науки и технологий, сформировать современную национальную инновационную систему. Предполагается создание эффективных механизмов для наращивания и результативного использования капитала знаний. Продвижение по данному сценарию невозможно без структурных изменений в экономике, устойчивого развития и вхождения России в группу стран с высокими темпами экономического роста [Гохберг и др., 2017].

*Сценарий «Технологическая адаптация»* предусматривает повышение конкурентоспособности отечественных компаний вследствие точечной модернизации, интенсивное освоение ими внутренних рынков, увеличение (по отдельным позициям) экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью. При улучшении внешних условий Россия сможет поддержать и даже расширить свое присутствие на традиционных рынках, создать предпосылки для выхода на возникающие рынки. Страна сможет остаться в глобальном технологическом мейнстриме по ряду направлений, преимущественно в роли догоняющего игрока. Необходимость технологического перевооружения и модернизации по другим направлениям приведет к усилению зависимости от импорта. В долгосрочной перспективе из-за дефицита финансовых ресурсов и квалифицированных кадров, ограничений доступа к передовым технологиям и оборудованию усилятся риски утраты важных технологических компетенций в традиционных сферах и их отсутствия в возникающих областях. В первую очередь речь идет об отдельных прорывных сегментах биотехнологий, медицины, передовых производственных технологий, где отставание от ведущих стран может нарастать.

Ключевым драйвером научно-технологического развития останется спрос на новые технологии со стороны базовых отраслей, в том числе формирующих экспортный потенциал страны, — оборонно-промышленного, агропромышленного, транспортного (включая судо- и авиастроение) и топливно-энергетического комплексов, тяжелого машиностроения. Спрос будет поддержан такими регулирующими мерами, как внедрение регулятивных режимов, «выдавливающих» устаревшие технологии и производства; развитие платформенных (сквозных) технологий; распространение лучших практик управления инновациями; поддержка современных форм кооперации научных организаций, вузов, предприятий; реализация мер по подготовке и переподготовке корпуса инженеров, обновлению программ подготовки инженерных (сертифицированные инженеры) и исследовательских кадров с привлечением зарубежных специалистов и успешных российских предпринимателей.

Уровень инновационной активности в экономике несколько вырастет, прежде всего за счет крупных компаний из традиционных секторов. Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе организаций промышленного производства достигнет к 2030 г. 11,5% (в 2016 г. — 9,2%), что ниже уровня, зафиксированного в ведущих странах (США — 14,3%, Китай — 35,4%, Швейцария — 52,7%). Интенсивность затрат на технологические инновации повысится до 2,2% (в 2016 г. — 1,8%), что в целом соответствует уровню передовых стран (Германия — 2,9%). Невысокая инновационная активность малого и среднего бизнеса, скорее всего, не изменится.

Сценарий не предполагает широкого распространения в России практики открытых инноваций, ощутимого снижения нормативных и административных барьеров, в том числе в части юридического оформления современных форм кооперации и партнерства, поддержки трансграничных потоков знаний и технологий, включая особые режимы для их импорта, доступа к международным проектам.

Ситуация в науке будет определяться преимущественно внешними для нее ограничениями и возможностями, связанными с темпами роста экономики, состоянием бюджетной системы. Регулирующие меры будут нацелены на создание условий для повышения спроса на научные результаты и инновации, привлечение молодежи, повышение продуктивности научной деятельности. Поддержку получают небольшое число крупных научно-технологических

проектов. Основная задача — содействие росту инвестиционной привлекательности сектора ИР, отдельных технологических направлений.

Бюджетные условия в рамках данного сценария крайне ограничены, что повлияет на выбор научно-технологических приоритетов. Прирост бюджетных ассигнований на науку (в сопоставимых ценах) до 2020 г. будет отставать от темпов развития экономики. Из-за бюджетного «провала» в 2016 г., когда объемы ассигнований на гражданскую науку снизились в абсолютном выражении, их доля в ВВП достигнет докризисного уровня (0,56%) лишь к концу прогнозного периода. По масштабам государственного финансирования науки России удастся сохранить позиции в группе стран-лидеров. По сопоставимым данным, рассчитанным по паритету покупательной способности национальных валют, объем ассигнований на ИР из средств бюджета в 2016 г. составил в России 35,6 млрд долл., что сопоставимо с показателями Германии (35,4 млрд долл.) и Японии (33,9 млрд долл.); в 1,7 раза выше, чем в Республике Корея (21,3 млрд долл.), но в 4,2 раза ниже, чем в США (149 млрд долл.). Доля средств государства в общих расходах на науку может немного снизиться (с 68,2% в 2016 г. до 56,5% в 2030 г.), прежде всего за счет притока средств крупных компаний.

Вложения бизнеса в науку будут расти, что обусловлено повышением инвестиционной активности компаний из-за необходимости конкурировать с зарубежными производителями в основном на российском рынке, введением стимулов к модернизации и инновациям. При условии смягчения геополитической ситуации определенные ресурсы для развития ИР могут быть получены из зарубежных источников (от транснациональных корпораций, международных организаций, инвестиционных фондов и др.). Позитивную роль должны сыграть стимулы, направленные на локализацию на территории России высокотехнологичных производств и исследовательских подразделений зарубежных компаний. Активизируется международное сотрудничество, расширится пул стран — партнеров в сфере науки и технологий.

Реализация сценария позволит улучшить действующую модель организации и поддержки отечественной науки. Соотношение между источниками финансирования науки в прогнозном периоде изменится довольно существенно (доля предпринимательского сектора вырастет с 28,1% в 2016 г. до 40% к 2030 г.), однако роль государства останется доминирующей. Сохранится отличие

от стран — глобальных технологических лидеров, где основным источником развития передовой науки, обеспечивающей высокий уровень конкурентоспособности на международных рынках и устойчивые темпы роста экономики, является динамичный и гибкий частный бизнес (в среднем по странам ОЭСР соотношение между государственными и частными инвестициями в науку составляет 1: 3).

Сценарий предусматривает продолжение институциональных преобразований в науке. Их ключевые направления — реструктуризация ее государственного сектора (проведение оценки результативности деятельности научных коллективов и организаций; введение новых организационных форм; акцент на конкурсном адресном финансировании инициатив и центров превосходства, ведущих организаций и коллективов, демонстрирующих высокую продуктивность и значимые результаты при реализации научно-технологических приоритетов и проектов полного цикла); активная поддержка вузовской науки, университетских центров передовых исследований, лабораторий, возглавляемых ведущими российскими и зарубежными учеными. Это обеспечит повышение доли вузовского сектора в затратах на науку, в общем числе организаций, выполняющих ИР. Основными факторами, влияющими на развитие материально-технической базы науки, станут расширение сети центров коллективного пользования, укрепление корпоративного сектора науки, реализация на территории России проектов класса «мегасайенс». Однако из-за финансовых ограничений это обновление будет идти медленно.

Реализация сценария позволит к концу прогнозного периода стабилизировать масштабы кадрового потенциала науки, однако добиться устойчивого роста численности и качества исследователей не удастся. В связи с усилением требований к эффективности и результативности научной деятельности, ростом оплаты труда ученых произойдут перераспределение внутри науки (в пользу центров превосходства и корпоративных научных центров), незначительное улучшение ее возрастной структуры.

Адаптационный сценарий не в полной мере соответствует императивам научно-технологического развития России. При его реализации не представляется возможным повысить нагрузку экономики (долю внутренних затрат на ИР в ВВП). К 2030 г. ожидается ее незначительное по мировым меркам увеличение, что существенно ниже текущих значений показателя, например, в Японии (3,29%) и США (2,79%). По сути, будет про-

исходить стагнация относительного уровня расходов на ИР. В долгосрочной и даже среднесрочной перспективе для любой страны это означает рост технологической зависимости и, как следствие, ухудшение позиций в мировой экономике. Сценарий не позволит переломить негативные тенденции развития российской науки и добиться устойчивости возникающих позитивных процессов. Его осуществление в долгосрочной перспективе на фоне стремительного прогресса науки и технологий в мире ограничит рост глобальной конкурентоспособности России. При этом ряд стратегических задач социально-экономического развития могут остаться нерешенными.

*Сценарий «Технологический рывок»* предполагает более активные и согласованные действия заинтересованных акторов, направленные на развитие научно-технологического комплекса, его глубокую реорганизацию, концентрацию ресурсов на перспективных направлениях, изменение повестки, формата и повышение эффективности государственного регулирования, усиление вклада науки и технологий в развитие экономики и общества. Политика будет носить более форсированный, опережающий характер; обеспечивать поддержку организаций и предприятий-лидеров на традиционных и новых глобальных рынках знаний, технологий, высокотехнологичной продукции, интеграцию в крупные международные альянсы. Все это позволит сформировать технологическую базу долгосрочного социально-экономического развития России, осуществить диверсификацию экономики, достигнуть устойчивых темпов ее роста и увеличить объемы экспорта технологий и высокотехнологичной продукции.

В целях усиления компетенций в традиционных для России областях и разработки принципиально новых собственных технологических решений, задающих новые стандарты международного уровня, получают более интенсивное развитие платформенные (сквозные) технологии (ИКТ, нанотехнологии и новые материалы, энергосберегающие и энергоэффективные технологии, биотехнологии, искусственный интеллект, робототехника, космические технологии и др.). Спектр внедрения новых разработок расширится за счет масштабирования спроса со стороны традиционных и быстрого развития новых секторов экономики, персонализированной медицины, ИКТ, науки, образования и др. Заметную долю в экспортных потоках займут высокотехнологичная продукция, интеллектуальные услуги и технологии, продукция креативных индустрий, как это предусмотрено Стратегией, Национальной



технологической инициативой, программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Планируется активная поддержка ускоренного, динамичного перетока современных компетенций, формирования «плацдармов» для встраивания в глобальные цепочки создания новых знаний и стоимости, в первую очередь в тех направлениях, где производственные и технологические стандарты и регламенты только устанавливаются и у России есть шанс использовать «преимущество догоняющего».

Потребуется оперативное принятие и реализация ряда решений в области формирования среды и инфраструктуры инновационной деятельности, форсированного встраивания в глобальную экономику. Будут активно задействованы существующие и новые системные инструменты стимулирования спроса на инновации, регулярного мониторинга и оценки их эффективности. Помимо курса на улучшение бизнес-климата, создания условий для долгосрочных инвестиций и увеличения горизонтов планирования в компаниях будут реализованы меры поддержки принципиально новых, перспективных рынков и бизнес-моделей: модернизации традиционных секторов, в том числе низкотехнологичных; стимулирования компаний, демонстрирующих высокий уровень глобальной конкурентоспособности. Залог достижения целей в рамках данного сценария — расширение когорты инновационных предприятий, тиражирование историй успеха.

Реализация сценария обеспечит кардинальное повышение эффективности и инновационной активности традиционных секторов экономики на новой технологической базе и выход на возникающие глобальные рынки, доля которых в структуре мировой экономики быстро растет. Для этого важно поддержать ускоренное распространение в России модели открытых инноваций. В случае успеха удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе организаций промышленного производства повысится к 2030 г. до 18,4% (в 2016 г. — 9,2%), интенсивность соответствующих затрат — до 3,6% (в 2016 г. — 1,8%). Расширение международной кооперации и развитие компетенций, необходимых для реализации технологических прорывов, позволят сформировать конкурентоспособные на мировом уровне сегменты высокотехнологичных производств и экономики знаний. Капитал знаний и инновации станут основными источниками роста экономики, чему будет способствовать развитие института интеллектуальной собственности и сферы государственных услуг.

В области научно-технологической политики по сравнению с адаптационным сценарием будет более явно выражен и обеспечен необходимыми ресурсами акцент на внедрение современных эффективных инструментов, направленных на повышение спроса на научные результаты, технологии, инновации, улучшение структуры и качества их предложения, рост инвестиционной активности частного бизнеса. В фокусе политики окажутся всесторонняя поддержка человеческого капитала, включая молодых талантливых специалистов, выстраивающих профессиональную карьеру в сфере науки, технологий, инноваций; создание современной инфраструктуры и среды, способствующей активизации соответствующих видов деятельности, повышению ее продуктивности, вовлечению в нее заинтересованных групп населения; развитие глубоких кооперационных связей заинтересованных акторов внутри страны и в глобальном пространстве, в том числе на сетевой основе; повышение эффективности управления в этой сфере на всех уровнях.

Успешной реализации форсированного сценария должны содействовать скоординированные инициативы органов власти и институтов развития по стимулированию активной коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, придание на этой основе «массового» характера инновациям и деятельности по созданию и производству новых продуктов и услуг. Потребуется серьезное реформатирование института интеллектуальной собственности, создание современного рынка интеллектуальных прав, обеспечивающих оперативное удовлетворение возрастающих потребностей общества, экономики, государства в результатах науки, технологиях и инновациях, «интеллектуальная капитализация» и выход российских компаний на глобальные рынки. Ожидается целевая переориентация ресурсов государств (и финансовых инструментов) в те области (проекты), где создаются охрانشпособные научно-технические результаты, качественные конкурентоспособные продукты и услуги на их основе; на акторов, способных работать на рынках развивающихся знаний и технологий. Будут переведены в практическую плоскость инструменты разделения и страхования рисков, комфортного налогообложения, создания сетевых коммуникационных площадок, расширения открытого доступа к необходимой информации, в том числе за счет повышения качества и эффективности государственных информационных систем до мирового уровня.

Основное условие, отличающее форсированный сценарий от адаптационного, — поэтапное увеличение затрат на ИР с 1,1% ВВП в 2016 г. до 2,1% ВВП к 2030 г. Подобный подход соответствует перспективной парадигме научно-технологического развития и обеспечивает переход России в группу ведущих стран по показателю наукоемкости экономики. Кроме того, повышение доли затрат на ИР в рамках «технологического рывка» будет достигаться преимущественно за счет активности бизнеса. Так, с 2017 по 2030 г. общие затраты на науку должны вырасти в 2,9 раза в сопоставимых ценах, в том числе объем средств государства, направляемых на ее развитие, — в 2 раза, организаций предпринимательского сектора — в 4,8 раза. В результате доля негосударственных источников финансирования ИР составит порядка 52,7% (в том числе бизнеса — 44,5%). Для этого необходима реализация комплекса экономических, организационных, правовых и иных мер, направленных на стимулирование конкуренции в экономике, рост инновационной активности населения, повышение эффективности расходов на ИР, обеспечиваемых из всех источников. Объединение инвестиционных усилий государства и бизнеса позволит совершить технологический рывок в полном масштабе.

Необходимо учитывать, что в России в силу комплекса причин (неблагоприятные стартовые условия, негативная конкурентная среда в экономике, неэффективная институциональная модель науки, масштабы и разнообразие одновременно решаемых задач и др.) даже в рамках форсированного сценария в прогнозном периоде вряд ли удастся полностью перейти на такую модель финансирования науки, которая характеризовалась бы абсолютным доминированием инвестиций частного бизнеса. Реализация сценария «Технологический рывок» потребует существенных бюджетных расходов: доля ассигнований на фундаментальные и прикладные исследования гражданского назначения достигнет к 2030 г. порядка 0,78% ВВП (в 2016 г. — 0,47%; в адаптационном сценарии — 0,56% к 2030 г.).

Рост финансирования науки будет сопровождаться завершением институциональных преобразований, обеспечивающих повышение результативности и эффективности деятельности организаций и работников. Расширятся предпринимательский и вузовский сектора науки, государством будет создана и внедрена система стимулирования их саморазвития. Получит новый импульс практика реализации научно-технологических проектов,

позволяющая формировать конкурентоспособные коллективы, в частности целевые консорциумы, объединяющие исследователей, разработчиков и предпринимателей, привлекать к работе в России ведущих ученых и молодых специалистов, имеющих научные результаты мирового уровня.

Особую роль в реализации технологического рывка призвано сыграть реформирование системы высшего образования и подготовки научных кадров, направленное на приобретение ими знаний и компетенций, которые будут востребованы в возникающих и развивающихся научно-технологических областях (в том числе междисциплинарных), новых секторах экономики. При формировании программ адресного выделения средств исследователям, инженерам, технологическим предпринимателям, организациям необходимо предусматривать предоставление целевых грантов для овладения компетенциями, необходимыми для реализации научно-технологических приоритетов через участие в проектах ведущих российских и зарубежных коллективов.

Обновление материально-технической базы, улучшение технической оснащенности организаций всех секторов науки будут происходить опережающими темпами благодаря целевым усилиям государства, бизнеса и других заинтересованных акторов. Активизируется и расширится поддержка центров коллективного пользования научным оборудованием, экспериментального производства, инжиниринга, прототипирования, опытного и мелкосерийного производства. Численность занятых в науке вырастет с 722,3 тыс. чел. в 2016 г. до 740 тыс. чел. в 2030 г.; радикально улучшатся их возрастные и квалификационные характеристики. Устойчивый тренд роста когорты исследователей будет формироваться на фоне ощутимого повышения требований к эффективности и результативности их деятельности. Уровень оплаты их труда значительно повысится, что позволит активнее привлекать в науку талантливую молодежь, высококвалифицированных отечественных и зарубежных специалистов.

Реализация форсированного сценария обеспечит достижение целей социально-экономического и научно-технологического развития страны, связанных с повышением конкурентоспособности экономики, ростом благосостояния граждан, укреплением национальной безопасности. Экономика и общество в России станут более «наукоориентированными», обеспечивая рост спроса на результаты науки, технологий и инноваций.

## 3. Перспективы развития секторов экономики

### 3.1. Агропромышленный комплекс

Агропромышленный комплекс (АПК), включающий растениеводство, животноводство, производство кормов, перерабатывающую и пищевую отрасли, — наиболее стабильно развивающийся из секторов экономики. По объемам производства АПК России — один из крупнейших в мире. Конкурентные преимущества сектора определяются уникальным агроклиматическим и агропочвенным потенциалом, обусловленным наличием черноземных почв и высокой суммой активных температур в южной части нашей страны.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"><li>• Усиление интеграции российского АПК в глобальную экономику, рост влияния на конъюнктуру мирового рынка продовольствия. При освоении рынков стран Ближнего Востока, Северной Африки и Юго-Восточной Азии масштабы вывоза отечественной сельскохозяйственной продукции, по оценкам Международной торговой палаты, могут приблизиться к объемам экспорта вооружений</li><li>• Богатая сырьевая база для производства экологически чистых удобрений: Россия — один из мировых лидеров по производству минеральных удобрений</li><li>• Развитие базовых пищевых биотехнологий. Ключевыми эффектами от их применения станут ресурсосбережение, повышение степени переработки сельскохозяйственного сырья, расширение ассортимента и рост пищевой ценности социально значимых видов продовольствия</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Высокие расходы</li><li>• Падение реальных доходов населения. Отказ от дорогих продуктов, их замена более дешевыми ограничивают возможности роста, снижают инвестиционную привлекательность отрасли</li><li>• Недостаток современной техники и производственных мощностей для ее производства: доля импорта в сегменте средств производства для АПК достигает 40–60%. Среди крупных статей — продукция сельскохозяйственного и пищевого машиностроения, комплектующие для производства сельхозтехники, средства защиты растений, кормовые аминокислоты, племенная продукция, семенной материал</li><li>• Невысокая глубина переработки сырья: в структуре экспорта преобладает сырье. Потенциальная упущенная выгода в виде дополнительной добавленной стоимости может составлять от 20 до 40 млрд долл. в год</li></ul>

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Эмбарго на импорт отдельных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия останется стимулом для создания новых и развития существующих производств, прежде всего в свиноводстве и птицеводстве, продукция которых пользуется повышенным спросом у населения</li> <li>• Рост популярности здорового образа жизни (особенно в городах), увеличивающийся спрос на экологически чистые продукты питания. У отечественных производителей есть возможность предложить потребителям конкурентоспособную продукцию: функциональное питание, персонализированное групповое питание лечебно-профилактического назначения, пищевые добавки с биокорректирующими свойствами и т.д.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отставание в развитии аграрной науки; низкая заинтересованность бизнеса в финансировании долгосрочных исследовательских проектов в отсутствие масштабного предложения коммерчески привлекательных и готовых к практическому применению разработок. Вклад бизнеса в финансирование ИР сокращается (с 14,8% в 2002 г. до 9,4% в 2015 г.)</li> <li>• Низкий уровень жизни в сельской местности, дефицит квалифицированных кадров. Специалисты, способные осваивать инновационные технологии, предпочитают работать в более комфортной городской среде</li> </ul>

Потенциал российского АПК достаточно велик, и сельскохозяйственные компании способны со временем полностью удовлетворить потребности населения в готовых продуктах, конкурентоспособных на мировых продовольственных рынках.

### **Глобальные тренды**

Следствием природно-климатических и экологических трендов в мире станут снижение агроклиматического потенциала планеты, истощение и выбытие из сельскохозяйственного оборота земельных ресурсов, падение урожайности основных пищевых культур (в том числе пшеницы, риса и кукурузы), обострение проблем обеспечения населения продовольствием в развивающихся странах. В то же время эти факторы стимулируют развитие агро- и пищевых биотехнологий, технологий индустриального производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Становление новой парадигмы научно-технологического развития открывает широкие возможности для повышения эффективности АПК на основе цифровизации управления производством

и внедрения новых ресурсоэффективных производственных процессов. «Интеллектуальное» сельское хозяйство, основанное на применении автоматизированных систем принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации производства, технологий проектирования и моделирования экосистем, способно обеспечить эффективную, экологически безопасную борьбу с вредителями, восстановление и сохранение полезных свойств почв и грунтовых вод, дистанционный интегрированный контроль соблюдения сертификационных требований органического сельского хозяйства.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — развитие отечественного производства из-за эмбарго на импорт; производство экологически чистых удобрений благодаря наличию богатой сырьевой базы; поддержание репутации страны без ГМО для получения дополнительной прибыли от экспорта органических продуктов.

В среднесрочном периоде — использование новых типов удобрений и их ресурсосберегающее применение; производство биологических средств защиты растений, вакцин, антибиотиков, противовирусных препаратов для животноводства; развитие технологий и оборудования для фитосанитарного и ветеринарного контроля; усиление спроса на экологически чистые продукты питания; рост инвестиций в импортозамещающие технологии селекции, семеноводства и племенного дела, собственные сорта и гибриды, чистые линии высокопродуктивных пород животных.

В долгосрочном периоде — расширение рынков сбыта (ЕАЭС, развивающиеся страны), высокий экспортный потенциал потребительского рынка; улучшение агроклиматических условий в отдельных регионах средней полосы и Севера на фоне роста глобального спроса на продовольствие; развитие урбанизированного, а также точного сельского хозяйства на основе научно-технических заделов в ИКТ, авиационной и космической промышленности; глубокая переработка сельскохозяйственного и рыбохозяйственного сырья; полная локальная утилизация и рециклинг отходов; дополнительные возможности роста за счет отмены запрета на хозяйственное использование ГМО; производство персонализированного и функционального питания нового поколения, синтетических продуктов питания; распространение

ние природосберегающих агротехнологий; системная интеграция управления логистикой АПК на основе супервычислений, больших данных и машинного обучения, роботизации операций хранения и транспортировки; внедрение сложных технологий рыбохозяйственного комплекса; генетическая модификация сельскохозяйственных растений и животных (при формировании соответствующих институциональных условий, включая нормативную правовую базу, стандарты, регламенты и т.п.); повышение эффективности АПК на основе тотальной цифровизации управления производством и распространения новых ресурсоэффективных производственных технологий; распространение технологий «умной» биоэнергетики (локальный смарт-грид и биотопливо из сельхозотходов).

### Угрозы

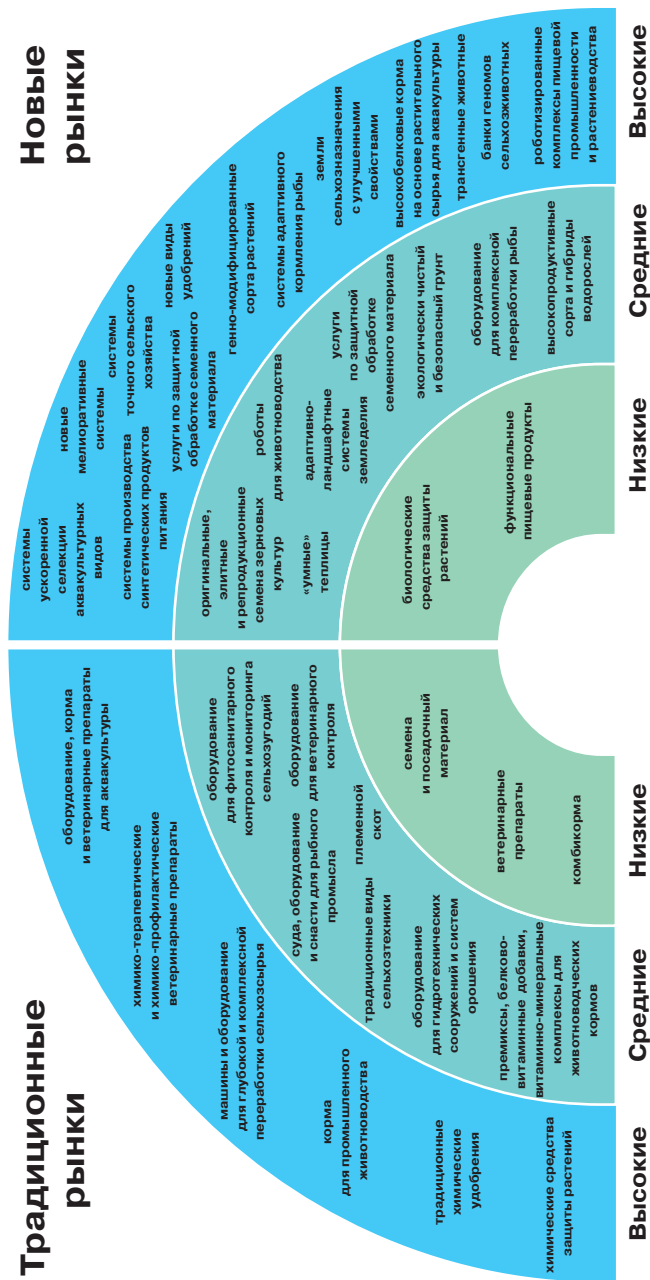
В краткосрочном периоде — усиление зависимости от торговой политики стран — импортеров продовольствия из-за больших объемов импорта сельскохозяйственной продукции высокой глубины переработки; развитие депопуляционных процессов в сельской местности, обостряющих проблему кадрового обеспечения АПК; нехватка предложений долгосрочных инвестиционных кредитов с низкой процентной ставкой, что замедляет развитие и распространение передовых агротехнологий; отставание в уровне использования широкопрофильной сельхозтехники, оборудованной современными системами автоматизации и навигации.

В среднесрочном периоде — ужесточение нетарифных торговых барьеров для экспорта продукции российского животноводства в развитые страны; распространение эпизоотий и эпифитотий в новые районы вследствие изменения климата; рост уровня загрязненности окружающей среды на территориях интенсивного сельскохозяйственного производства.

В долгосрочном периоде — отставание от развитых стран в переходе к безотходной (циркулярной) экономике, точному земледелию, урбанизированному сельскому хозяйству, роботизации, селекции и биотехнологиям; падение спроса на продукцию отечественного рыбного промысла в условиях высокой конкуренции со стороны растущей мировой аквакультуры, использующей генетически модифицированные породы рыб; рост угроз биотерроризма на фоне увеличения биоразнообразия вредных организмов в сельском хозяйстве.



Рис. 3. Традиционные и новые рынки для агропромышленного комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

### 3.2. Добыча и переработка энергоресурсов

Основную долю российского экспорта (58,1% в 2016 г.) составляют энергоресурсы и продукты их переработки (моторные топлива, продукция нефте- и газохимии и др.). В 2014 г. нефтегазовые доходы составили более половины (53%) поступлений в федеральный бюджет, но из-за падения цен на углеводороды в 2016 г. они сократились до 36%.

Основные продукты нефтепереработки — автобензин, дизельное топливо, топочный мазут и авиационный керосин. Глубокая переработка угля в России не осуществляется (ведется его обогащение), поскольку при развитых нефтехимических производствах это экономически не выгодно.

Наряду с ожидаемым увеличением спроса на все виды энергоресурсов, обусловленным динамикой мировой экономики, ростом народонаселения и улучшением качества жизни, прогнозируется изменение структуры мирового потребления первичной энергии: снижение доли ископаемых энергоносителей (нефти — с 31% в 2014 г. до 20% в 2030 г., угля — с 29 до 18% соответственно) и кратный рост доли ВИЭ, особенно в развитых странах.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"><li>• Рост спроса на нефть, газ, уголь и продукты их переработки с учетом ожидаемого повышения энергопотребления в мире</li><li>• Применение эффективных технологий добычи энергоресурсов позволит поддерживать объемы добычи в среднесрочной перспективе, повышать коэффициент извлечения энергоресурсов на традиционных месторождениях</li><li>• Внедрение новых технологий разработки нетрадиционных месторождений, переход к промышленному освоению энергоресурсов Баженовской и иных свит с трудноизвлекаемыми запасами нефти (по характеристикам близким к месторождениям сланцевой нефти в США). К 2035 г. ожидается увели-</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Нарастающая межтопливная конкуренция на мировых рынках сдерживает рост экспорта продукции российского ТЭК, включая нефтепереработку</li><li>• Истощение традиционных месторождений. Многие нефтедобывающие регионы не смогут поддерживать уровень добычи уже в ближайшие годы (среднесуточный дебит скважин составил в 2016 г. 9,4 т)</li><li>• Низкий коэффициент извлечения ресурсов: на традиционных месторождениях коэффициент извлечения нефти составляет 20–30% (в развитых странах — 60–70%); удельный вес бездействующих скважин — 9,5%</li><li>• Высокая ресурсо- и энергоемкость отрасли. Доля энергозатратного</li></ul>

<p>чение доли трудноизвлекаемых запасов в нефтедобыче с 8 до 17%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Модернизация НПЗ и строительство СПГ-заводов для повышения глубины переработки сырья (до 90%), изменения структуры продуктов (рост выхода светлых нефтепродуктов до 70–75%), увеличения производства СПГ — в 3–8 раз)</li> <li>• Заключение новых долгосрочных, соглашений по экспорту углеводородов, гарантирующих объемы продаж российских энергоресурсов; создание условий для долгосрочных инвестиций в новые технологии и инфраструктуру</li> <li>• Крупные инфраструктурные проекты (строительство газопроводов «Сила Сибири», «Турецкий поток», «Северный поток-2» и др., нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, заводов по производству СПГ; развитие нефтетранспортной инфраструктуры; разработка новых крупных месторождений углеводородов), оптимизирующие транзит на европейский рынок и обеспечивающие диверсификацию географии экспорта</li> </ul>	<p>насосного способа добычи нефти возросла до 93%; энергоемкость добычи угля превышает среднемировой уровень в 2,2 раза</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая степень износа оборудования: в сегменте добычи он выше среднего по России (более 50%) и имеет тенденцию к росту. Удельный вес полностью изношенных фондов приближается к 25%; коэффициент обновления основных фондов находится на уровне 11–13% в год, что чревато повышением аварийности, негативным воздействием на окружающую среду, снижением эффективности добычи</li> <li>• Зависимость от импорта технологий и оборудования: доля импорта в нефтегазовом машиностроении составляет 57% (в 2020 г. — 43%). Санкции на торговлю определенными видами энергоресурсов, оборудования и технологий (например, для глубоководной нефтеразведки, арктической разведки, производства нефти, добычи сланцевой нефти) препятствуют полноценному развитию сектора</li> <li>• Низкая степень переработки сырья: по объемам нефтепереработки Россия занимает 3-е место в мире, но по структуре производства нефтепродуктов существенно отстает от лидеров. В 2016 г. глубина переработки нефти составила 79,2%, что ниже, чем в ЕС (85%) и США (96%)</li> <li>• Нехватка квалифицированных специалистов: ее испытывают от 40 до 60% российских предприятий. Самые востребованные — инженеры-технологи и квалифицированные рабочие</li> </ul>
--	--

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Производительность труда: отечественные компании по этому показателю отстают от зарубежных (в 2–2,5 раза ниже, чем в странах ЕС и Северной Америки)</li></ul> |
|--|---|

## Глобальные тренды

В мире усилится межгосударственная конкуренция за надежный доступ к ископаемым энергоресурсам и улучшение позиций собственных энергоресурсов на рынках сбыта. Меняются каналы и способы доставки углеводородов; страны — нетто-импортеры энергоресурсов стремятся к энергетической самодостаточности и снижению рисков за счет диверсификации типов энергоресурсов и поставщиков.

Добывающие страны совершенствуют технологии повышения нефтеотдачи (от нагнетания пара в пласт за счет солнечной энергии до использования микроорганизмов) и разработки нетрадиционных углеводородов, что позволит открыть доступ к новым запасам (сланцевым и др.). Этому тренду будут способствовать ослабление природоохранного законодательства (например, в США) и удешевление технологий добычи трудноизвлекаемых запасов нефти (в частности, насосного оборудования). Противоположный тренд — ужесточение природоохранных нормативов и ограничений по климатическим выбросам, требований к качеству моторного топлива, переход к автомобилям на водородном и электродвигателе. Развитие этих тенденций может привести к изменению условий, сокращению и даже потере традиционных для российского экспорта рынков.

## Окна возможностей

В краткосрочном периоде — смещение направления экспорта углеводородов с развитых стран Европы и Северной Америки на страны АТР (прежде всего Китай и Индию) в связи с перемещением в этот регион основных мировых центров промышленного производства (и спроса на энергоресурсы); рост российского экспорта углеводородов в страны, сокращающие (вплоть до полного отказа) использование определенных видов генерации энергии (атомной, угольной); снижение издержек на добычу углеводородов на базе эффективных методов разведки (лазерные технологии и повышение точности анализа полученных данных).

В среднесрочном периоде — расширение доступной базы углеводородного сырья благодаря использованию новых технологий геологоразведки, добычи (на акватории внутренних морских вод, территориального моря, континентальном шельфе) и нефтеотдачи; развитие сервисных компаний; повышение эффективности работы сектора благодаря использованию ИКТ (появление «умных» месторождений и т.п.; рост доли продукции высоких переделов; снижение антропогенного загрязнения атмосферы в регионах добычи и переработки углеводородов; масштабирование чистых энергетических технологий).

В долгосрочном периоде — повышение надежности и безопасности энергетических систем; частичный переход к автомобилям с водородными, электро- и гибридными двигателями; развитие природоохранных технологий использования угля, улавливания и использования углерода.

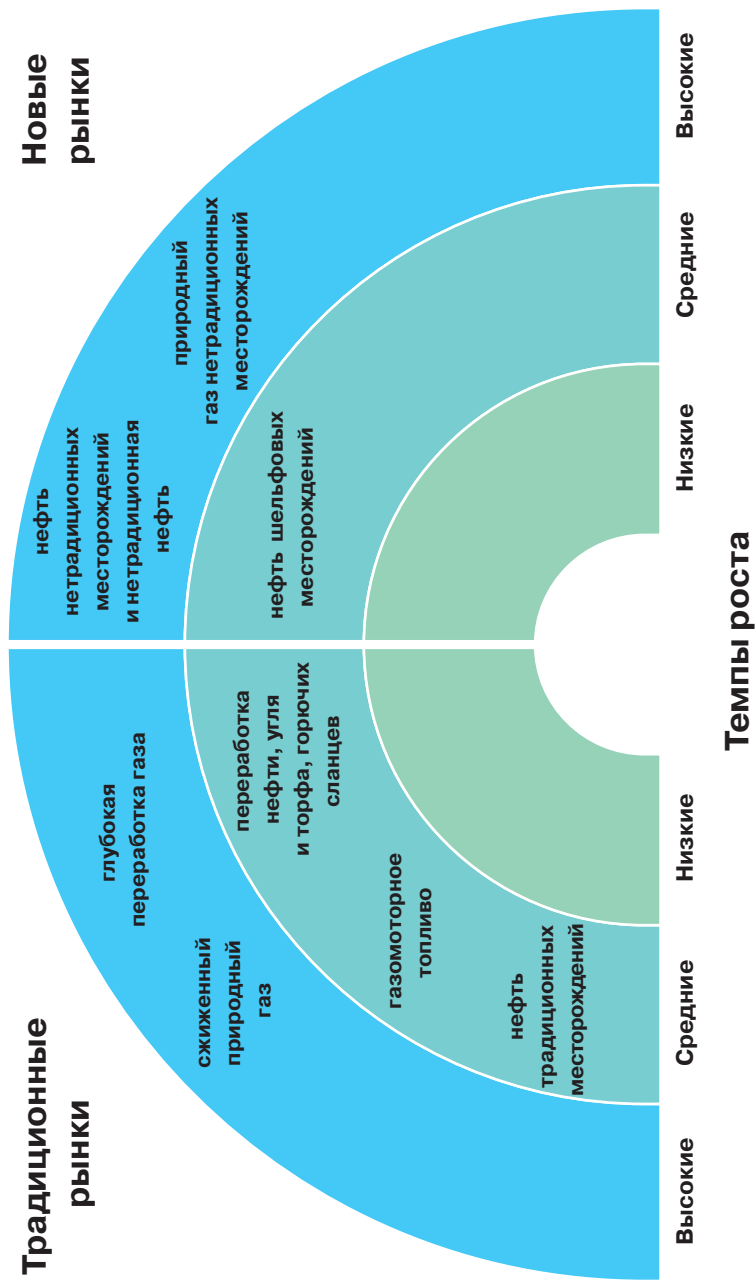
### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — сохранение высокой ресурсоемкости (энерго-, водоемкости и др.) добычи энергоресурсов; медленный рост инновационной активности российских энергетических компаний; сохранение проблем перекрестного субсидирования в энергетике и низкая прозрачность тарификации потребителей; неготовность ТЭК к замедлению мировых темпов роста спроса на энергоресурсы; ужесточение экологического и климатического законодательства; сохранение рисков аварийных ситуаций на энергетических объектах; неэффективность субсидирования традиционной энергетики, включая добычу и переработку углеводородов.

В среднесрочном периоде — рост морального и физического износа оборудования для добычи, транспортировки и переработки энергоресурсов, дефицита инженеров-энергетиков; повышение уязвимости энергетических объектов; растущая роль потребителей (частных корпораций и населения) в регулировании энергетических рынков; сохранение низкой культуры энергосбережения и бережного отношения к экосистеме.

В долгосрочном периоде — истощение традиционных месторождений углеводородов при ограниченном доступе к технологиям и финансовым ресурсам на мировом рынке; сохранение низких цен на углеводороды, которые могут сделать разработку нетрадиционных месторождений нерентабельной; ужесточение регули-

Рис. 4. Традиционные и новые рынки для сектора добычи и переработки энергоресурсов



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

рования в области промышленной безопасности и национальных стандартов; снижение конкурентоспособности отечественных ИР, особенно в новых сегментах, на фоне быстрого прогресса энергетических технологий в мире.

### 3.3. Металлургический комплекс

Металлургический комплекс (черная металлургия — добыча и обогащение руды, производство чугуна и стали, трубная промышленность и цветная металлургия — алюминиевая, медная, никелевая и др.) — одна из крупнейших экспортно ориентированных отраслей российской экономики (металлургические предприятия поставляют на внешний рынок 40–45% стальной металлопродукции, 10% чугуна, 80% алюминия, 90% никеля, 55% меди). Определяющую роль в секторе играют крупные вертикально и горизонтально интегрированные холдинги. Наибольшая концентрация характерна для производства черных и цветных металлов, наименьшая — для производства готовых металлических изделий. В перечень системообразующих предприятий России в 2015 г. вошли 18 горно-металлургических компаний.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Восстановление мирового рынка позволит улучшить финансовое положение предприятий сектора, увеличить инвестиции в модернизацию старых и запуск новых производств</li> <li>• Наличие крупных месторождений железной руды и мощностей по их высокотехнологичной переработке позволяет сохранить ведущие позиции в мировом экспорте</li> <li>• Наличие перспективных месторождений редкоземельных металлов, создание полного цикла их использования позволит увеличить долю России в мировом балансе</li> <li>• Технологическая модернизация комплекса привела к улучшению качества выпускаемой металло-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неблагоприятная внешняя конъюнктура (кризис перепроизводства, вызванный в том числе снижением темпов роста экономики Китая, спад мировых цен на базовые металлы) и низкий внутренний спрос</li> <li>• Высокая доля продукции низких переделов в производстве и экспорте (на производство готовых металлоизделий приходится менее 20% объема продукции; доля инновационной продукции — 3,5%)</li> <li>• Высокая энергоёмкость производства (в металлургии расходуется порядка 9% всего топлива, 5% электроэнергии, 6% природного газа; удельная энергоёмкость производимых металлов выше, чем в других странах)</li> </ul>

<p>продукции при низких затратах на производство</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост внутреннего спроса на трубы определяется строительством газопровода «Сила Сибири» и необходимостью модернизации инфраструктуры ЖКХ. Рост производства электромобилей увеличит спрос не только на сталь и алюминий, но и на медь и кобальт, цены на которые растут опережающими темпами. Развитие рынков аккумуляторов для электромобилей и стационарных накопителей энергии делает перспективной добычу лития и других редкоземельных металлов</li> <li>• Повышение спроса со стороны авиационной и космической промышленности на титановые сплавы</li> <li>• Ужесточение экологических требований заставит металлургические предприятия инвестировать в новые мощности и «зеленые» технологии</li> <li>• Нарращивание золотовалютных резервов Банком России и стабилизация мировых цен на золото стимулируют инвестиции в геологоразведку и разработку новых месторождений этого металла</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Металлургия входит в число наиболее закредитованных отраслей (критический уровень долговой нагрузки), что влияет на доступность и стоимость привлечения денежных ресурсов для развития бизнеса</li> <li>• Санкции (пятилетние антидемпинговые пошлины на холоднокатаный прокат из России) ведут к прямым финансовым потерям, росту расходов на перестраивание цепочек сбыта</li> </ul>
---	---

## Глобальные тренды

Развитие аддитивных технологий и кастомизированного производства, потребления металлопродукции обусловит внедрение новых бизнес-моделей. Производственные цепочки в секторе традиционно устанавливались крупными металлургическими компаниями (вертикально интегрированными) по схеме B2B. В условиях распространения технологии 3D-печати бизнес-модели будут опираться на локализацию производства, кастомизацию продукции, возможности единичного и мелкосерийного выпуска (мини-



миллы, цифровая сертификация, распределенная модель управления производственными процессами и др.).

Ожидается глубокая трансформация рынка труда: замещение рабочей силы автоматизированными интеллектуальными системами, усиление спроса на специалистов в области промышленного инжиниринга и дизайна, требований к условиям и безопасности труда.

Переход к «умным» цифровым фабрикам, оснащенным средствами управления, мониторинга и диагностики состояния оборудования, позволит сократить долю брака и минимизировать отходы производства. Получат развитие технологии автоматизированного бурения и безлюдной выемки металлических руд, дистанционного 3D-лазерного сканирования.

Благодаря конвергенции технологий будут производиться металлы и сплавы с повышенными эксплуатационными характеристиками, способными функционировать в условиях критических температур и динамических нагрузок. Появится возможность создавать композиционные материалы с регулируемыми размерами пор металлической матрицы, медицинские импланты, оснащенные биосенсорами. Сенсоры и датчики помогут контролировать появление трещин и усталость металла. Компьютерное моделирование и инжиниринг, виртуальные эксперименты с металлами и их сплавами значительно сократят сроки создания и выхода на рынок новой продукции.

Ужесточение конкуренции за природные ресурсы и рост экономики замкнутого цикла создадут стимулы к развитию технологий переработки бедных труднообогатимых руд и техногенных отходов, биодобычи (biomining), плазменных технологий добычи драгоценных металлов. Основы для разработки космических недр (space mining) с использованием роботизированных систем и создания синтетических микробов-инженеров для переработки электронного мусора в новые компоненты будут заложены в перспективе до 2030 г.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — увеличение экспорта первичных металлов (алюминия, меди, никеля), производства металлоконструкций повышенной прочности и легкости для внутреннего и внешнего рынков; расширение импортозамещающих производств и рост экспорта товаров с использованием драгоценных металлов;

распространение технологий переработки бедных, труднообогатимых, комплексных полиметаллических руд, техногенных отходов; внедрение 3D-технологий для построения цифровых геологических моделей месторождений.

В среднесрочном периоде — развитие рынка металлических порошковых материалов, технологий 3D-печати и производства высокоточных металлоизделий сложной геометрической формы; организация производства металлокомпозитов, титановых имплантов и протезов; расширение поставок труб и рельсов на внутренний рынок; повышение объемов добычи драгоценных металлов (золота, серебра, платины) на основе плазменных технологий.

В долгосрочном периоде — занятие лидирующих позиций в производстве лития и редкоземельных металлов; производство криогенной стали для использования в условиях Арктики, сложнелегированной стали для авиационной, космической, атомной и других секторов промышленности; распространение дистанционного 3D-лазерного сканирования горных шахт; внедрение автономных роботизированных комплексов для безлюдной и малолюдной выемки металлических руд; переход к «зеленым» биотехнологиям для добычи металлических руд.

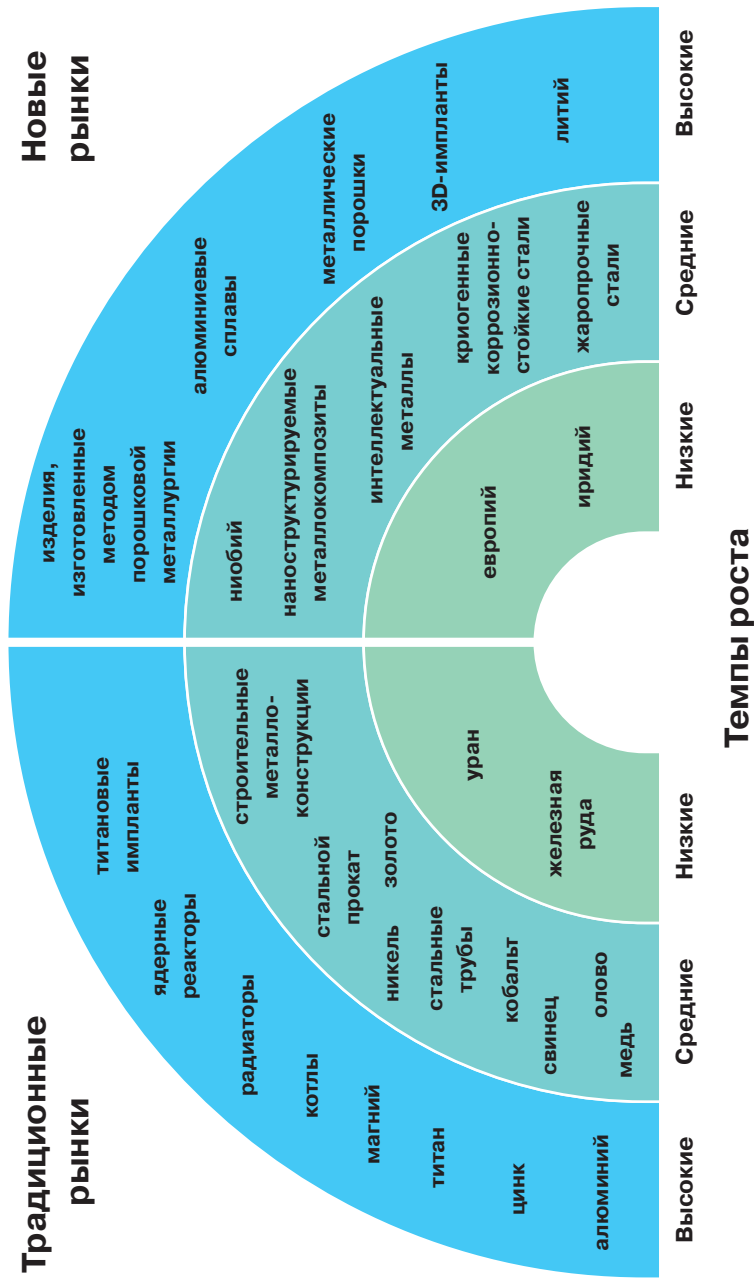
## Угрозы

В краткосрочном периоде — усиление протекционистских мер на внешних рынках; снижение темпов роста экономики Китая; укрепление курса национальной валюты.

В среднесрочном периоде — появление новых игроков на рынке и вытеснение вертикально интегрированных горно-металлургических компаний вследствие локализации и индивидуализации производства; сложность защиты прав интеллектуальной собственности на технологии и их элементы из-за перехода к кастомизированной модели производства.

В долгосрочном периоде — замещение металлов композитными и полимерными материалами; вытеснение редкоземельных металлов в микроэлектронике и приборостроении наноматериалами и проводниками; недостаток компетенций в области компьютерного моделирования, промышленного инжиниринга и дизайна.

Рис. 5. Традиционные и новые рынки для металлургического комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

### 3.4. Лесной комплекс

Лесной комплекс, объединяющий лесозаготовку, обработку древесины и производство изделий из дерева и пробки, производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона, производство мебели, пережил кризис без значительного ущерба и смог воспользоваться ослаблением рубля для наращивания инвестиций в модернизацию и расширение производственных мощностей. На него приходится около 2% мирового производства древесины, деревянных и пробковых изделий. По этому показателю страна занимает 9-е место в мире. Лидируют Китай (24%), США (18%), Германия (7%).

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"><li>• Дефицит круглого леса в ЕС (по оценкам ЕЭК ООН, в ближайшие годы он достигнет 77 млн м<sup>3</sup>, по пиломатериалам — 8,1 млн м<sup>3</sup>, по древесным волокнистым полуфабрикатам — 7,7 млн т), составляющий от трети до половины текущего производственного потенциала России</li><li>• Смещение потребительских предпочтений в развитых странах в сторону натуральной, экологически чистой продукции (упаковка из бумаги и картона, стройматериалы из дерева, деревянная мебель) расширяет возможности российского экспорта</li><li>• Увеличение внутреннего спроса посредством стимулирования использования отечественной древесины при исполнении госзаказа, поддержки отечественных производителей лесозаготовительной техники и мебели</li><li>• Рост потребления продукции деревопереработки в процессе развития деревянного домостроительства и деревянного строительства социально значимых объектов</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Низкий платежеспособный спрос населения, недостаточная емкость внутреннего рынка</li><li>• Сокращение потребления отдельных продуктов, например, бумаги для печати, в процессе цифровизации экономики</li><li>• Недостаточная техническая оснащенность предприятий отрасли, препятствующая производству конкурентоспособной продукции высокой степени переработки из низкокачественной лиственной и тонкомерной древесины, древесных отходов лесозаготовок и деревообработки</li><li>• Незрелость мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесного сырья</li><li>• Технологическое отставание (использование устаревших технологий, машин и оборудования с высокой долей ручного труда и низкой производительностью и др.), сильная зависимость комплекса от дорогостоящего импортного оборудования</li></ul>

<p>(к 2020 г. доля деревянных домов в общем объеме ввода жилья достигнет 20–25%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Динамичное развитие рынка биотоплива (по странам ЕС дополнительная потребность в древесном биотопливе оценивается в 170–180 млн м<sup>3</sup> в год)</li> <li>• Высокий уровень инвестиционной активности в отрасли</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствие точной оценки ресурсного потенциала, слабый контроль за использованием лесов, неадекватный масштабам лесозаготовок объем лесохозяйственных мероприятий</li> <li>• Слаборазвитая дорожно-транспортная инфраструктура лесопользования, сдерживающая освоение эксплуатационных лесов, снижающая доступность лесных ресурсов. Территориальная разобщенность технологической цепочки: концентрация сырья в азиатской, а перерабатывающих мощностей — в европейской части России. Высокие железнодорожные тарифы, снижающие привлекательность и доступность отечественного сырья и эффективность лесного комплекса в целом</li> <li>• Недостаток квалифицированных кадров, низкий уровень оплаты и производительности труда, что осложняет деятельность промышленных кластеров, особенно в целлюлозно-бумажной отрасли (дефицит профессионалов в отрасли оценивается в 12 тыс. чел. и превышает ежегодный выпуск специалистов соответствующего профиля)</li> </ul>
--	--

### Глобальные тренды

Изменение климата и рост антропогенной нагрузки на окружающую среду приводят к деградации лесных экосистем, повышению вероятности возникновения опасных природных явлений — лесных и торфяных пожаров и т.п. Ожидается активизация вырубki лесов для использования древесины в качестве топлива и промышленного сырья в строительстве, высвобождение новых территорий для строительства.

Рост численности населения, продолжительности жизни, урбанизация приведут к избыточной нагрузке на лесные экосистемы

и ресурсы (сырье для строительства, питания, фармацевтики, бумажной и химической промышленности).

Становление новой парадигмы научно-технологического развития открывает широкие возможности для повышения эффективности лесного комплекса на основе цифровизации управления производством, в частности, за счет внедрения беспилотных летательных аппаратов, которые уже сегодня берут на себя функции составления 3D-карт местности для мониторинга состояния лесов, пожаров, незаконных рубок, управления лесо- и землепользованием и т.п.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — интенсификация использования лесов; координация лесозаготовок и лесного хозяйства; развитие технологий переработки древесины, включая низкосортную и отходы, методов полной переработки сырья на месте заготовки; расширение ассортимента производимой продукции с высокой добавленной стоимостью, экспорта лесных ресурсов, использования технологий спутникового мониторинга, в том числе на базе отечественной группировки спутников; развитие методов.

В среднесрочном периоде — распространение биотехнологий в лесном хозяйстве; строительство доступного жилья в сельской местности с использованием древесины; реализация механизмов сертификации лесной продукции; развитие лесного машиностроения; развитие рынка древесного биотоплива; расширение использования вермитехнологий для переработки избыточного активного ила и других шламов; внедрение ГИС-технологий для обеспечения оперативного учета заготовки и транспортировки леса, противопожарного контроля, контроля цепочек поставок, в том числе модернизация лесоустроительных работ на основе цифровых технологий и ГИС-систем; внедрение сортиментных технологий лесозаготовки; распространение технологий рециркулярной энергетики, в том числе фильтрационных, технологий бесхлорного и безотходного целлюлозно-бумажного производства; развитие технологий биорефайнинга древесины с совместным производством целлюлозы, новых химических продуктов, в частности, биоразлагаемых полимеров.

В долгосрочном периоде — развитие лесохозяйственного машиностроения (в составе лесного машиностроения), создание машин нового поколения (для выращивания посадочного мате-

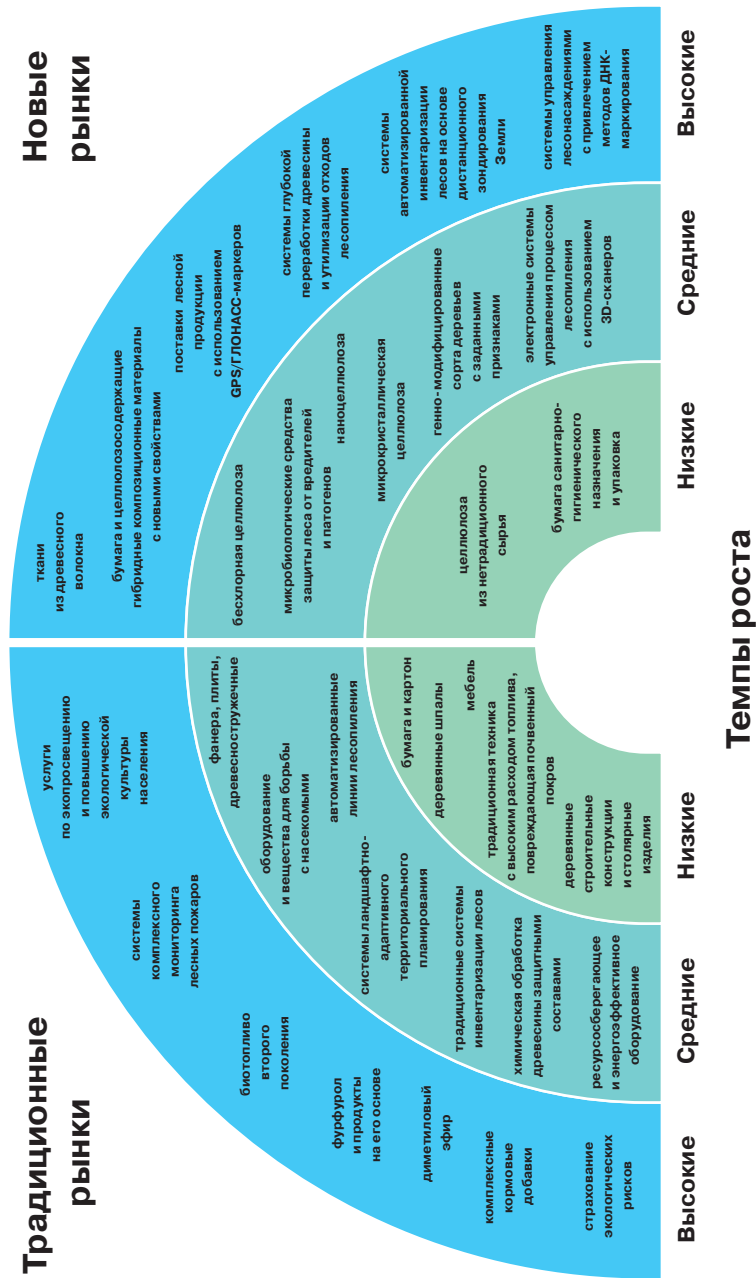
риала, создания лесных культур, рубок, ухода и др.), в том числе на основе международной кооперации; развитие биотехнологических методов оценки качества семенного материала и генетического разнообразия лесных насаждений, мониторинга фитосанитарного состояния питомников; внедрение инновационных технологий лесного семеноводства и воспроизводства лесов, в том числе на основе достижений в области генетики и селекции (ДНК-маркирования объектов лесосеменной базы, технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой из семян с улучшенными наследственными свойствами, плантационного выращивания лесных насаждений, создания лесных культур и лесоразведения, рекультивации нарушенных земель); распространение методов глубокой переработки древесины и утилизации отходов лесопиления с использованием нано- и биотехнологий (новые композитные материалы, наноразмерная целлюлоза, лигноцеллюлоза и т.п.); обработка отходов древесины для создания новых легких стройматериалов, которые можно использовать в труднодоступных районах Арктики.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — истощение грунтовых вод в отдельных регионах; ухудшение окружающей среды (загрязнение воздуха, воды, почв, деградация биотических компонентов и экосистем), уменьшение доступных лесных ресурсов, в том числе вырубка высокоценных пород деревьев, катастрофические лесные пожары, повреждение вредными организмами; непривлекательность вакансий из-за низкого уровня оплаты труда, высоких рисков профессиональных заболеваний, травматизма; неприятие обществом части био- и экотехнологий; преобладание в экспорте лесоматериалов с низкой степенью обработки.

В среднесрочном периоде — несовершенство базы экологического и лесного законодательства на международном и национальном уровнях, включая сертификацию качества лесной продукции; неразвитость механизмов защиты прав интеллектуальной собственности в области лесных биотехнологий; ограниченность инвестиционных ресурсов предприятий для внедрения наилучших доступных технологий; отсутствие учета стоимости услуг экосистем и экологических экстерналий при принятии инвестиционных решений; рост объемов отходов производства и потребления, накопленного экологического ущерба; сокращение бюджетного

Рис. 6. Традиционные и новые рынки для лесного комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.



финансирования мероприятий по охране окружающей среды; сохранение низких темпов развития рынка экологических услуг.

В долгосрочном периоде — нарастание негативного воздействия изменения климата, в том числе опасных гидрометеорологических явлений; закрытие целлюлозно-бумажных комбинатов из-за истощения сырьевых баз; отставание от глобального тренда перехода к безотходной (циркулярной) экономике.

### 3.5. Легкая промышленность

Легкая промышленность, включающая текстильное и швейное производства, производство кожи и обуви, довольно сильно пострадала в период после распада СССР: в начале 1990-х годов объем производства в стоимостном выражении сократился пятикратно, в натуральном — в 8 раз. Долгое время сектор стагнировал, и Россия стала нетто-импортером текстиля, одежды и обуви, как и некоторые другие государства с сырьевой экономикой и развитые страны, сосредоточившиеся на производстве высокотехнологичного технического текстиля и «умной» одежды (США, Япония, Великобритания, Канада).

В России в отрасли наблюдаются серьезная конкуренция (из более 28 тыс. предприятий почти половина относятся к малому бизнесу) и высокий уровень концентрации (территориальной и производственной).

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокий спрос на спецодежду для экстремальных условий, тканей с особыми свойствами (сырьевой сектор, силовые структуры, в которых заняты миллионы человек)</li> <li>• Рост конкурентоспособности отечественной легкой промышленности (уровень оплаты труда, локализация производств) на фоне ослабления рубля и повышения уровня жизни в странах Азии — основных производителей тканей, одежды и обуви</li> <li>• Курс на импортозамещение, ограниченный доступ иностранных производителей к рынку госзаказа,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дешевизна импортных одежды и обуви, особенно китайского производства</li> <li>• Сильная зависимость от импортных материалов и оборудования (локализация в подотраслях составляет 15–20%; в производстве используются преимущественно иностранные станки и машины)</li> <li>• Высокая доля нелегального производства и оборота товаров («серый» импорт и «цеховое» производство — 30–50% продукции)</li> <li>• Дефицит инвестиций, удорожание кредитных банковских ресурсов,</li> </ul>

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<p>локализация иностранных производителей спецодежды, текстиля, «умных» тканей</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Растущий спрос на синтетические материалы и технический текстиль в мире, развитая отечественная нефтехимическая промышленность с высокой степенью локализации необходимого сырья</li> </ul>	<p>неэффективность программ поддержки малого бизнеса</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкий уровень инновационной активности (доля инновационных товаров в общем объеме отгруженной продукции: 4,1% — по текстильному и швейному производству, 2,2% — по производству кожи и обуви; в среднем по России этот показатель достигает 9%, в Германии — 25%)</li> </ul>

Российская легкая промышленность может не только существенно увеличить объемы производства, но и стать ведущим экспортером высокотехнологичной конкурентоспособной продукции.

### Глобальные тренды

Мировая легкая промышленность стремительно развивается: происходит цифровизация и роботизация производственных процессов, расширяется применение 3D-технологий, разрабатываются новые искусственные материалы.

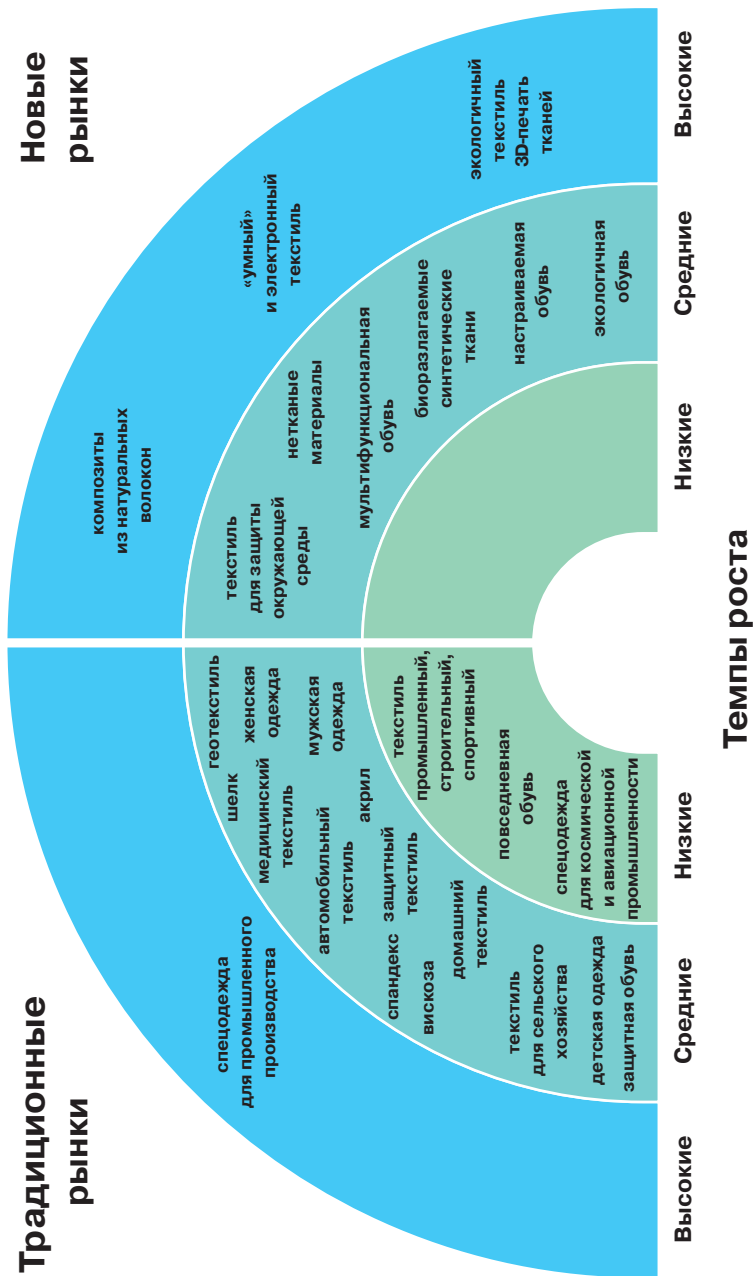
Масштабные демографические и социальные изменения усиливают влияние фактора моды. Возможность создания креативных образов и их воплощение в продукции закрепляет за центрами модной индустрии ключевое положение в цепочках создания стоимости. Меняется структура спроса: потребители переходят на кастомизированные и более практичные товары с оригинальными свойствами, формируются новые модели производства («быстрая мода») и потребления (виртуальные примерочные и т.п.).

Рост цен на натуральное сырье (при общей ограниченности объемов его производства) ускоряет переход на синтетические материалы, отличающиеся низкой себестоимостью и новыми потребительскими свойствами. Повышение спроса на экологичную продукцию сопровождается ужесточением экологических требований, стимулируя внедрение технологий безотходного производства.

### Окна возможностей

В краткосрочном периоде — увеличение экспортного потенциала и снижение доли импорта текстиля и спецодежды; освоение

Рис. 7. Традиционные и новые рынки для легкой промышленности



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

новых маркетинговых стратегий и бизнес-моделей; организация новых производств.

В среднесрочном периоде — цифровизация потребительской среды (виртуальные магазины); активное применение 3D-печати в моделировании и изготовлении одежды; повышение безопасности товаров; производство экологичных одежды и обуви, новых материалов; переработка и вторичное использование отходов.

В долгосрочном периоде — роботизация (создание и широкое внедрение роботов-швей, роботов-закройщиков и т.п.) и цифровизация производств («умные» фабрики); развитие компетенций в области дизайна и создания «образов».

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — неготовность к переходу на энергоэффективные и экологичные технологии, новые стандарты безопасности производств; нехватка инженерных кадров для работы с новыми технологиями; сокращение заказа на спецодежду со стороны государства и крупных компаний.

В среднесрочном периоде — сохранение зависимости от импорта; увеличение объемов контрафактной продукции на внутреннем рынке.

В долгосрочном периоде — сокращение посевных площадей и дефицит сырья для производства натурального текстиля; низкая эффективность технологий вторичной переработки сырья.

## **3.6. Химический комплекс**

Химическая промышленность — химическое производство (кроме пороха и взрывчатых веществ, фармацевтической продукции), производство резиновых и пластмассовых изделий — растет, несмотря на кризисные явления в экономике, обвал мировых цен на сырье и крупные аварии на химических предприятиях. Опережающие темпы роста сектора были обусловлены сначала ослаблением рубля и увеличением экспорта, а затем — восстановлением внутреннего спроса. Российский химический комплекс ориентирован на выпуск крупнотоннажной продукции низких переделов (более 60% приходится на основные химические вещества, 41% из которых — минеральные удобрения).

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наличие запасов сырья для устойчивого роста</li> <li>• Низкий уровень потребления химической продукции на душу населения (в 5–20 раз ниже, чем в развитых странах). Устойчивый рост спроса не может быть удовлетворен только за счет импорта</li> <li>• Низкая интенсивность внесения удобрений сельхозпредприятиями (40 кг на 1 га по сравнению со 130–140 кг в Европе и США); увеличение продаж на внутреннем рынке; внедрение инновационных технологий внесения удобрений в почву, новых видов удобрений</li> <li>• Ужесточение экологических требований к продукции, производственным процессам и утилизации, стимулирующее появление «зеленых», «голубых» (влияние на океан, моря и воду), «синих» (изменение климата) и других технологий, безотходного производства</li> <li>• Запуск биржевой торговли минеральными удобрениями в России, в том числе для повышения прозрачности ценообразования, расширения круга потенциальных потребителей</li> <li>• Растущий спрос на биотопливо и биопродукты в мире — драйвер развития производства удобрений, новых материалов и традиционных химических производств (биоэтанол, биоразлагаемые пластики и т.д.)</li> <li>• Увеличение спроса (выпуска) химикатов для электроники и композиционных материалов из-за развития производства электромобилей, возобновляемой энергетики, «умных» электросетей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дефицит/отсутствие сырья для производства изделий из пластмасс, лакокрасочных материалов и синтетических волокон; критическая зависимость этих сегментов от импортного сырья</li> <li>• Низкий уровень передела и доля высокотехнологичной продукции. Производство на треть зависит от импорта (по высокотехнологичной продукции — на 60–100%); доля импорта в потреблении — 50%</li> <li>• Высокие энергоёмкость и материалоёмкость производства: средняя энергоёмкость производства единицы химической продукции выше, чем в США, в 2–3 раза, потребление воды (технологической и оборотной) — на 20–50%; производительность труда — в 5–20 раз ниже</li> <li>• Отсутствие собственных эффективных технологических решений по перевооружению производства</li> <li>• Значительные временные и финансовые издержки химических предприятий из-за инфраструктурных ограничений (удаленность от источников сырья, портов отгрузки, потребителей; неразвитость транспортной инфраструктуры, высокая стоимость перевозок; недостаток перевалочных мощностей)</li> <li>• Протекционистская политика отдельных зарубежных стран (США, ЕС, Китая, Индии) в отношении российских удобрений, каучуков, капролактама и др.</li> <li>• Дефицит квалифицированных кадров, современных профильных образовательных программ</li> </ul>

## Глобальные тренды

В мире меняются требования к энергоемкости, ресурсоемкости химического производства, масштабам выбросов, «экологичности» и безопасности конечной продукции (топлива, полимеров и др.). Компании активно переходят к производству замкнутого цикла, «зеленым» технологиям. Использование вторичных ресурсов и отходов позволяет изменить ценовую структуру конечной продукции, снизить нагрузку на окружающую среду.

Растет ассортимент; повышается гибкость конечной продукции; развиваются как крупные и средние, так и малотоннажные производства; осваиваются новые рынки; сокращаются сроки разработки технологий и продуктов, в том числе за счет сочетания моделей открытых инноваций на доконкурентной стадии и стратегий создания собственных «ноу-хау» для действующих производств.

В рамках новой научно-технологической парадигмы традиционные игроки переориентируются на высокотехнологичные бизнесы, технологическую конвергенцию с другими отраслями (электроникой, машиностроением, энергетикой и др.), цифровизацию, новые подходы к управлению производственными процессами (моделирование, высокопроизводительные вычисления, анализ больших данных и др.).

Прорывы в нанохимии, фемтохимии, целенаправленном конструировании материалов на основе отдельных молекул позволят создавать молекулярные конструкции — элементы наноэлектроники, нанооптики, наномеханики, новые наноматериалы для химии, техники и медицины, синтезировать конечный продукт как цельный макрообъект из исходных молекулярных компонентов, управлять химическими реакциями.

## Окна возможностей

В краткосрочном периоде — повышение эффективности использования ископаемых ресурсов всех видов за счет уменьшения энерго- и ресурсоемкости; развитие сырьевой базы за счет углубления переработки углеводородного сырья; переход к импортозамещению для технологий «короткого» цикла в мало- и среднетоннажной химии, производстве катализаторов; повышение эффективности работы предприятий путем совместного использования ресурсов и инфраструктуры; создание новых производств химических продуктов с повышенным спросом — малеинового

ангидрида, пигментного диоксида титана на основе фторидной технологии, терефталевой кислоты и полиэтилентерефталата; новых полупродуктов для производства изделий из пластмасс (АБС-пластики, РАФЛОН и др.).

В среднесрочном периоде — развитие газохимии, технологий переработки отходов и вторичного сырья, «зеленых» технологий, «потребительской» химии; занятие новых ниш на рынках мало- и среднетоннажной химии благодаря существенному расширению ассортимента продукции и созданию «умных» и гибких производств; импортозамещение технологических процессов в крупнотоннажных производствах; распространение кластерной формы организации производства.

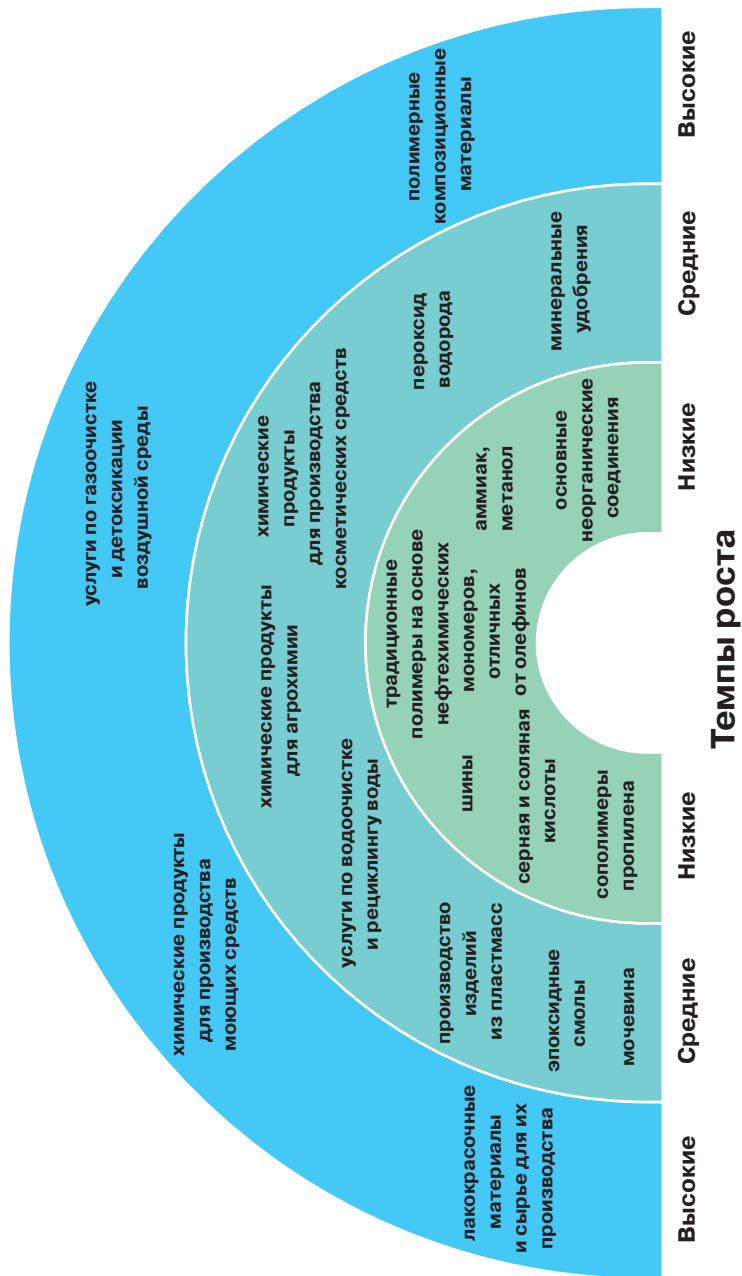
В долгосрочном периоде — переход к технологиям замкнутого цикла по воде, использованию возобновляемых и нетрадиционных источников энергии и возобновляемых ресурсов, гибридным и биотехнологиям, механическим технологиям приготовления модифицированных гелеобразных материалов для шлихтования и печати, экологически безопасным технологиям получения пропиленкарбоната, полиэфирных жидкостей (на основе гексафторпропилена); расширение производства материалов, реагентов и фильтров для очистки воды, материалов для производства изделий для возобновляемой энергетики (солнечных батарей, аккумуляторов, лопастей для ветрогенераторов и др.); создание интегрированных цепочек стоимости с высокотехнологичными отраслями и кастомизированным производством для конечных пользователей.

## Угрозы

В краткосрочном периоде — снижение доли экспорта на азиатских и европейских рынках; необеспеченность ресурсами и технологиями средне- и малотоннажных производств; низкая производительность труда; неразвитость корпоративной науки; несоответствие качества химической продукции возрастающим запросам потребителей.

В среднесрочном периоде — сокращение спроса на традиционную крупнотоннажную продукцию и продукцию низких переделов, на продукты, непригодные для повторного использования или биodeградации; негибкость, высокая энерго- и ресурсоемкость крупнотоннажных производств; несоответствие производств и продукции ужесточающимся требованиям к экологической безопасности, безопасности веществ и материалов.

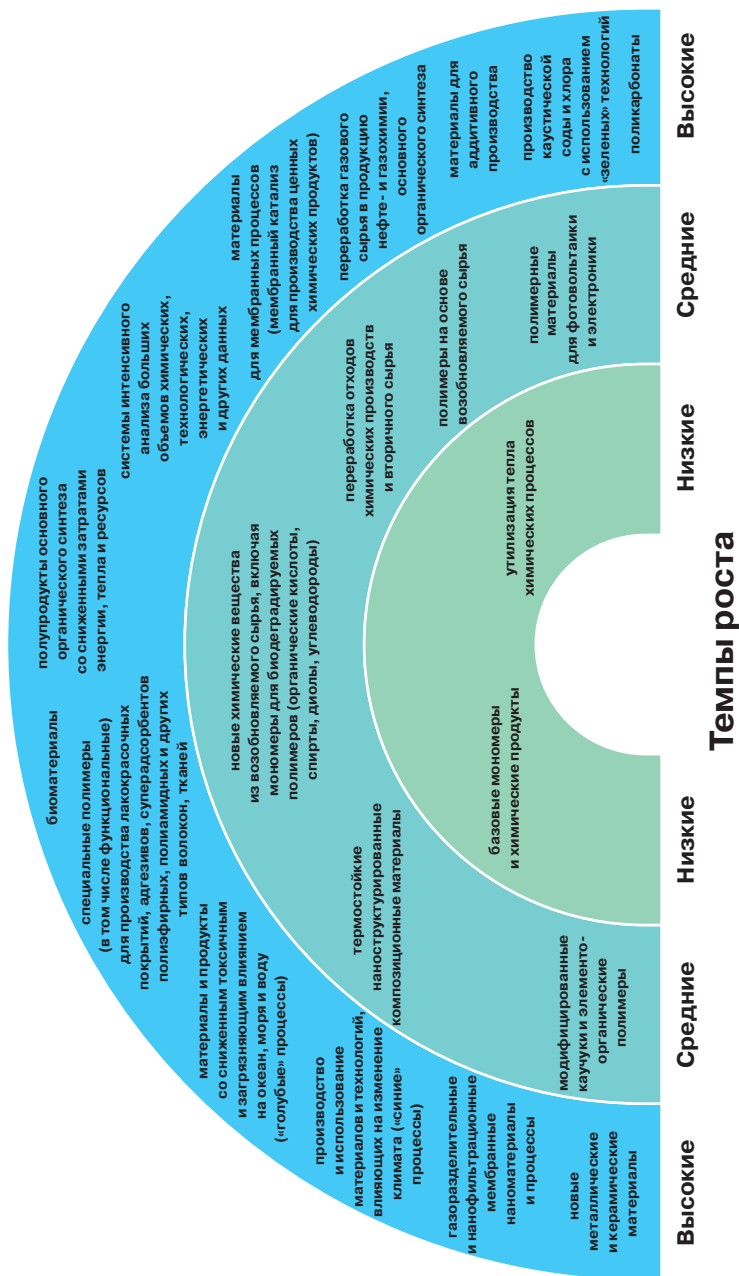
Рис. 8. Традиционные рынки для химического комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.



Рис. 9. Новые рынки для химического комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В долгосрочном периоде — переход европейских стран к неминеральным видам сырья и новым источникам энергии; сокращение спроса на продукцию сектора вследствие использования вторичного сырья и снижения материалоемкости производства.

### 3.7. Машиностроительный комплекс

Машиностроительный комплекс — авиа-, автомобиле-, судостроение, железнодорожное, сельскохозяйственное, энергетическое, тяжелое машиностроение, радиоэлектронная, станкоинструментальная, медицинская промышленность — один из базовых секторов экономики, обладающий высоким мультипликативным эффектом. В 2014–2016 гг. комплекс находился в состоянии стагнации из-за неблагоприятной конъюнктуры мирового рынка, санкций в отношении ТЭК и финансового сектора, сокращения инвестиций. В секторе действуют более 90 тыс. предприятий, но рынок довольно монополизирован. Доминируют крупные холдинги, преимущественно государственные. Так, в области транспортного машиностроения семь крупных компаний производят более 90% продукции, в автомобилестроении на долю трех производителей приходится свыше 50%, а в судостроении на одну организацию — более 60% объемов производства.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост в портфеле заказов предприятий ОПК доли гражданской продукции до 50%, что позволит диверсифицировать продуктовую линейку и расширить выпуск высокотехнологичной продукции</li> <li>• Реализация экспортно ориентированного импортозамещения, создание внутреннего производства комплектующих для продукции, идущей на экспорт</li> <li>• Расширение сферы использования специального инвестиционного контракта (особенно в секторах с длительным сроком реализации проектов и высоким уровнем риска — авиа-, судо-, станкостроении и др.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая зависимость от иностранного оборудования (в станкостроении — более 90%). Производство некоторых видов техники, например, оборудование для подводной добычи углеводородов, в России отсутствует</li> <li>• Высокая зависимость от иностранных комплектующих (по металлорежущему оборудованию — 40–70%). Исключения: основные модели легковых автомобилей (уровень локализации — 60–65%); сельскохозяйственная техника (уровень использования иностранных компонентов — не более 35%)</li> <li>• Неудовлетворительная структура и низкий уровень производственных</li> </ul>

- Субсидирование расходов компаний на международную сертификацию для выхода на международные рынки и налаживания сбыта (например, гражданских воздушных судов)
- Вовлечение малых и средних предприятий в цепочки стоимости, создание базы локальных поставщиков 2–4 уровней (производители материалов, стандартных и специализированных изделий и комплектующих; фирмы, специализирующиеся на ремонте, обслуживании оборудования и т.п.), в том числе для снижения зависимости от импорта
- Разработка нормативной правовой базы, регламентирующей использование передовых технологий, в частности, в автомобиле- (автомобили с интеллектуальными системами), авиа- (беспилотные летательные аппараты), станко- (технологическое оборудование с адаптивными системами управления), судостроении (обитаемые и необитаемые подводные аппараты и станции, морская робототехника и др.)
- Расширение спроса на продукцию судостроения, нефтегазового и тяжелого машиностроения в процессе освоения континентального шельфа в Арктике
- Повышение спроса на современный подвижной состав, в том числе приспособленный к работе в сложных климатических условиях в ходе решения задач строительства высокоскоростных магистралей, увеличения объема пассажирских и грузовых перевозок, обеспечения транспортной доступности регионов

мощностей. Объемы производства по ряду позиций не покрывают спрос (например, станки с числовым программным управлением, обрабатывающие центры), но часть мощностей остается недозагруженной (в сельскохозяйственном машиностроении — 40–70%, в железнодорожном — около 60%). Материально-техническая база не позволяет выпускать современное оборудование (степень износа в станкостроении — 59%, в тяжелом и нефтегазовом машиностроении — соответственно 54 и 53%)

- Преимущественная ориентация потребителей на импортное оборудование, нехватка заказов со стороны российских предприятий. В некоторых секторах лишь небольшая доля заказов реализуется на отечественных заводах (в судостроении только 6%)
- Низкий платежеспособный спрос (например, на сельскохозяйственную технику — втрое ниже потенциального объема) сдерживает расширение производства и номенклатуры выпускаемой продукции. Рыночная доля российских производителей сельскохозяйственной техники остается на невысоком уровне (по итогам 2016 г. — 54% в денежном выражении)
- Доступ к новейшим технологиям ограничен Вассенаарскими соглашениями (станки и оборудование содержат технологии двойного назначения, которые относятся к высокотехнологичной продукции, подлежащей экспортному контролю) и санкциями, дополнительно ужесточающими режим поставок в Россию (например, оборудования для нефтедобычи, разработки

Факторы развития	Сдерживающие факторы
	<p>нефтяных месторождений, программного обеспечения для промышленного оборудования и др.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкие серийность, объем выпуска, унификация оборудования (гражданские воздушные суда, энергетическое оборудование, продукция судостроения) не позволяют оптимизировать производственные издержки, наладить сеть центров сервисного обслуживания и ремонта</li> <li>• Нехватка компетенций и опыта в области экспортно-торговой деятельности, международной сертификации продукции, маркетинга; несоответствие национальных стандартов международным</li> </ul>

### Глобальные тренды

В ближайшие годы в машиностроении проявятся значительные изменения, связанные с разворачиванием в мире новой промышленной революции. Производство станет цифровым («бесбумажным»), автоматизированным и роботизированным («безлюдным»), безотходным и распределенным. Технологии компьютерного инжиниринга обеспечат создание цифровых моделей высокой степени соответствия реальным процессам и конструкциям вместо дорогостоящих натуральных моделей, что позволит существенно снизить производственные затраты. С помощью передовых производственных технологий будет производиться кастомизированная продукция при минимальном расходе материалов и времени на ее разработку. Доля сервисного компонента в стоимости оборудования возрастет, будет развиваться концепция «продукт как сервис».

Результатом таких изменений станет появление новых бизнес-моделей, в том числе предполагающих совместное пользование производственной и информационной инфраструктурой: расширение таймшеринга позволит коллективно использовать не только отдельное оборудование, но и целые производственные

площадки. На цифровых фабриках будет сформирована новая человеко-машинная инфраструктура с гибкими рабочими местами, возрастут требования к квалификации работников, большинство процессов будут автоматизированы и объединены в рамках единого комплекса. На смену фиксированному пространству придет свободное перемещение по цифровой фабрике, в том числе благодаря технологиям виртуальной и дополненной реальности.

Получит распространение движение «мейкеров» — сетевых объединений физических лиц для разработки, производства и усовершенствования продукции, что позволит децентрализовать цепочки добавленной стоимости, стирая границы между экспериментальной деятельностью и производством.

Распространение киберфизических систем актуализирует вопросы безопасности и защиты информации, сохранения конфиденциальности. Интероперабельность (совместимость) программных платформ поставщиков, производителей, сервисных компаний облегчит процесс встраивания новых участников в производственную цепочку, позволит снизить расходы на подключение к единой конфигурации по принципу «подключайся и производи».

Ужесточение экологических требований будет способствовать созданию транспортных средств, работающих на альтернативных и возобновляемых источниках энергии (газотопливное топливо, электротранспорт и т.д.), разработке новых стандартов и технических регламентов. Широкое распространение получают технологии рециклинга, что важно для сокращения объемов промышленных выбросов в городскую экосистему, экономии ресурсов (например, извлечение из утилизируемого оборудования редкоземельных металлов).

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — сокращение критической зависимости от иностранных технологий вследствие перехода на собственные инженерные программные платформы, времени изготовления высокотехнологичной продукции посредством конвергенции аддитивных технологий, систем числового программного управления (Computer Numerical Control) и ее вывода на рынок за счет использования испытательных полигонов (TestBeds) и технологий управления жизненным циклом (Product Lifecycle Management); упрощение взаимодействия работников со сложными производственными системами на базе человеко-машинных

интерфейсов; повышение функциональности, улучшение характеристик продукции (экологических, эстетических и т.п.); уменьшение веса проектируемых конструкций на основе бионического дизайна; достижение высокой точности изготовления сложных деталей; расширение использования композитных и сплавных материалов (суперсплавов и т.д.); автоматизация производств благодаря внедрению промышленных роботов; распространение многокоординатных и многоповерхностных технологий обработки материалов; производство компонентов на основе усовершенствованных технологий механической микрообработки, литографии, микроинъекции; снижение экспортных рисков в результате формирования региональных цепочек создания стоимости (в рамках ЕАЭС, БРИКС и др.); создание системы мониторинга и сбора данных о потребностях предприятий и организаций в инновационной продукции, спроса на высокотехнологичное оборудование.

В среднесрочном периоде — гибкое реагирование на изменения (рыночные, технологические и др.) благодаря внедрению на машиностроительных производствах технологий искусственного интеллекта, аналитики больших данных, вовлечению в процесс разработки заказчиков в рамках единой цифровой платформы; уменьшение количества бракованной продукции и простоев, временных потерь за счет использования технологий машинного зрения («умные» камеры, сенсоры и т.п.) и обучения; переход к модульному типу проектирования оборудования; распространение мультиагентных технологий и технологий роевого интеллекта; совершенствование систем безопасного взаимодействия «человек — машина»; активное внедрение интуитивных и мультимодальных методов программирования автоматов (голосовой ввод, распознавание жестов, обучение посредством указания траекторий оператором и др.); высокая гибкость, комбинация различных материалов при производстве (сочетание технологии пулвиндинга и пулформинга); развитие локальной и региональной кооперации, совместных инфраструктурных проектов; упрощение доступа продукции машиностроения на рынки стран ЕАЭС; создание зон свободной торговли со странами — потенциальными импортерами российской продукции; внедрение новых инструментов стимулирования спроса (например, компенсация 50% расходов на выпуск пилотной партии продукции в станкостроении, нефтегазовом и энергетическом машиностроении).

В долгосрочном периоде — уменьшение расходов на стендовую и испытательную технику благодаря виртуальному моделированию

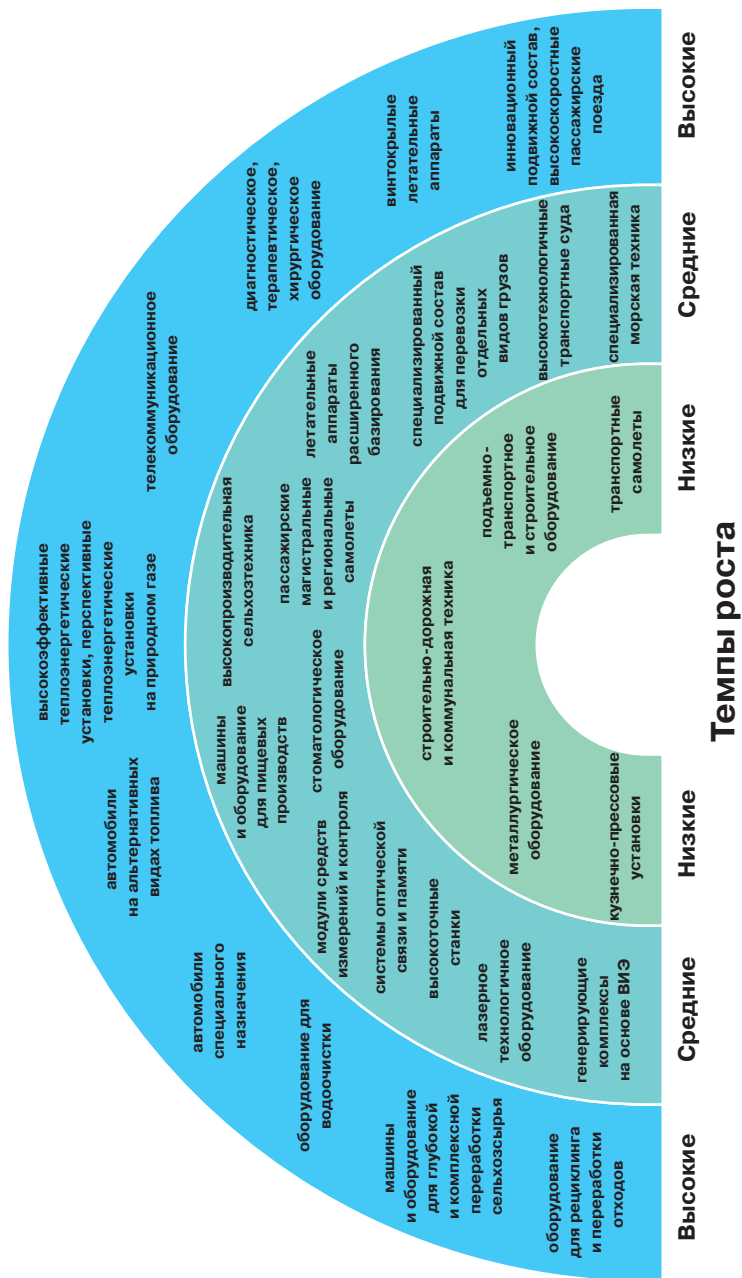
(цифровые макеты, «виртуальные двойники» и т.п.); сокращение затрат труда за счет «умных» инфраструктур; внедрение «нервной системы» роботов, обеспечивающей быструю перестройку производства с помощью самовосстанавливающихся модулей без участия человека; упрощение коммуникаций с поставщиками низких уровней за счет внедрения виртуальных агентов и обмена информацией в режиме реального времени; совершенствование процессов стандартизации за счет перехода к цифровой сертификации с проведением виртуальных испытаний; внедрение «беспилотных карьеров» для добычи природных ресурсов; повышение производительности автоматизированных терминалов; создание более эффективной подъемно-транспортной техники; внедрение технологий предиктивной аналитики, способствующих проведению плановых ремонтных работ в тяжелом машиностроении; рост доли мобильной техники; реализация экспортного потенциала в авиастроении, энергетическом, сельскохозяйственном, транспортном машиностроении через переход к «системной инженерии»; использование технологий высокопроизводительных вычислений для реализации комплексных промышленных проектов, в том числе международных; выход на новые рынки машиностроительной продукции благодаря опережающей разработке правовых аспектов в отношении передовых технологий.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — низкие темпы внедрения промышленных роботов; преобладание в структуре активов вертикально интегрированных компаний комплекса низкомаржинальных видов деятельности; отставание в качестве подготовки инженерных кадров; расширение доли импортного оборудования, частей и комплектующих, систем автоматизации и управления производством; несоответствие между институтами интеллектуальной собственности и возможностями передовых производственных технологий; расширение сети сборочных производств мировых компаний вместо освоения новых технологий.

В среднесрочном периоде — критичный износ оборудования; потеря позиций на внутреннем и традиционных внешних рынках среднетехнологичной продукции вследствие экспансии продукции из Китая и стран Юго-Восточной Азии; увеличение незадействованных производственных площадей в авиастроении; усиление международной конкуренции на высокотехнологичных

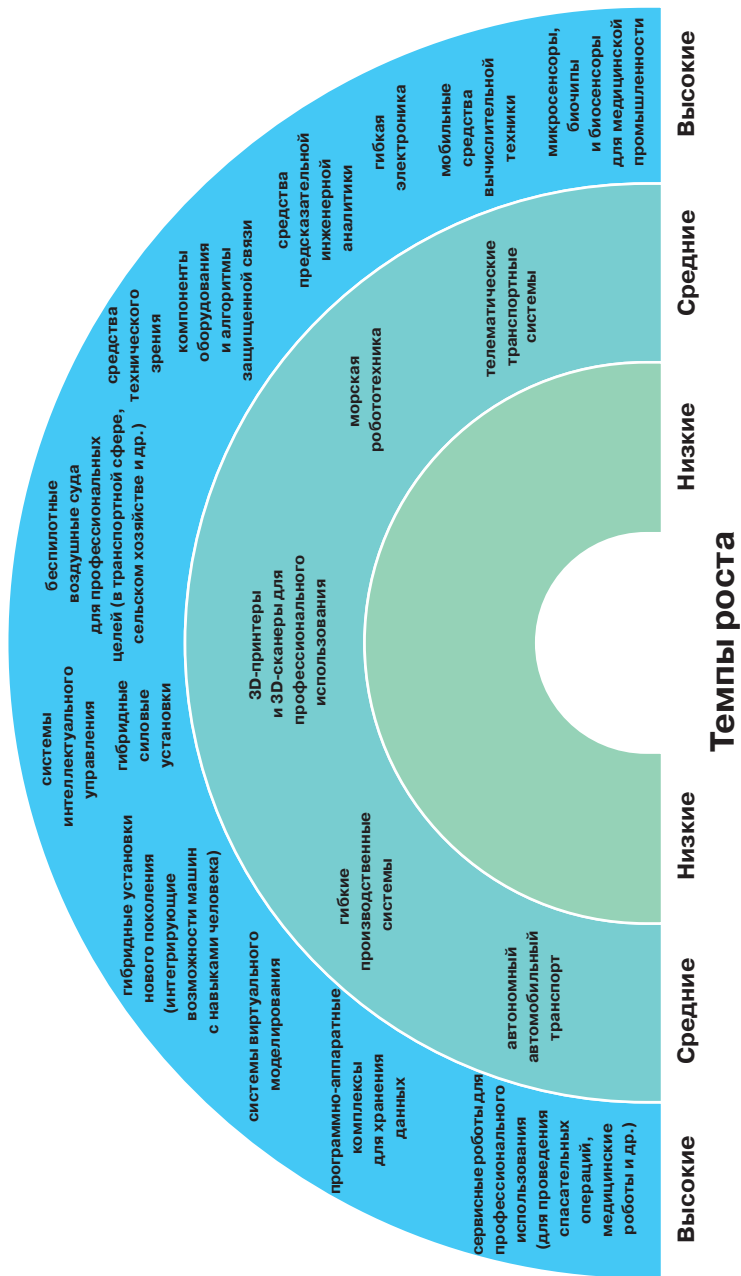
Рис. 10. Традиционные рынки для машиностроительного комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.



**Рис. 11.** Новые рынки для машиностроительного комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

рынках; недостаточное финансирование российским бизнесом проектов по созданию цифровых производств; сохранение доминирования на внутреннем рынке зарубежных поставщиков цифровых технологий.

В долгосрочном периоде — сокращение спроса на массовую «традиционную» (некастомизированную) продукцию; сохранение зависимости от импорта инженерного программного обеспечения; усиление зависимости ряда городов от крупных машиностроительных предприятий; отставание от технологических лидеров по темпам внедрения передовых производственных технологий; ужесточение требований в торговле машиностроительной продукцией (лицензирование, таможенные и иные процедуры).

### 3.8. Индустрия информации

Индустрия информации — телекоммуникационные услуги, ИКТ, производство программного обеспечения и ИКТ-оборудования, связь, медиа, издательское дело, кинопроизводство, развлечения, виртуальные игры и проч. — развивается динамично (в 2010–2016 гг. рост на 14%; тогда как ВВП вырос на 7%). Исключение — сектор медиа, особенно печатные СМИ (самая крупная категория по количеству зарегистрированных изданий), который сокращается с 2010 г. Переход в онлайн-среду не улучшает положение. При этом эфирные телеканалы остаются основным источником информации для большинства россиян и сохраняют статус крупнейших медиа в стране и по охвату аудитории, и по объему рекламных бюджетов.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>Насыщение рынка мобильной связи; востребованность средств интернет-коммуникаций; трансформация телекоммуникационных компаний в провайдеров услуг широкого профиля, инвестирующих в развитие мобильного интернета, облачных сервисов, М2М (систем обмена информацией между устройствами Machine-to-Machine), «интернет вещей» и аналитику больших данных</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Низкий уровень применения цифровых технологий в бизнесе; недостаточная конкурентоспособность российской продукции, технологическое отставание отечественных производителей</li> <li>Рост количества утечек информации и кибератак, приводящий к многомиллионным убыткам и снижению доверия населения (в 2016 г. 31% пользователей интернета сталкивались с угрозами информационной безопасности)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост инвестиций в развитие национальных платежных систем, производство отечественного ИТ-оборудования, программное обеспечение, ИТ-безопасность в условиях антироссийских санкций и «зеркальных» ограничений для иностранного бизнеса</li> <li>• Создание национальной операционной системы для ускорения перехода предприятий и населения к «интернету вещей», встроенных информационно-вычислительных систем и сетей, цифровых имитационно-моделирующих и управляющих систем с элементами искусственного интеллекта на принципах адаптации, обучения и самообучения</li> <li>• Рост заказов на услуги ИТ-компаний в области мониторинга и анализа публикуемой в интернете информации в условиях усиления внимания к вопросам информационной безопасности</li> <li>• Рост числа пользователей мобильных устройств, связанный с развитием мобильного интернета (доля взрослого населения, выходявшего в сеть со смартфонов и планшетов, выросла в 2014–2016 гг. с 32 до 45%); развитие мобильных технологий и мобильной рекламы</li> <li>• Необходимость сокращения затрат на производство бесплатного эфирного телевидения; расширение платного теле- и интернет-контента, в том числе адаптированного под мобильные устройства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточный уровень интернет-грамотности и значительный разрыв в цифровых компетенциях между отдельными группами населения (в 2016 г. цифровыми навыками обладали примерно половина россиян)</li> <li>• Рост «цифрового пиратства» (неконтролируемого копирования видео-, аудио- и текстового контента). В 2016 г. в Роскомнадзор было подано более 2 тыс. жалоб на 27 тыс. сайтов, нарушающих авторские права</li> <li>• Дефицит высококвалифицированных ИКТ-специалистов. Потребность в них испытывают около 40% организаций, осуществляющих модернизацию производства</li> </ul>
--	--

### Глобальные тренды

Мировая индустрия информации стремительно развивается. В процесс цифровизации активно включаются не только акторы индустрии информации (ИТ-компании, медиа и операторы свя-

зи), но и другие компании, государственные органы, научные и образовательные организации. За счет выхода в виртуальный мир физических объектов и систем, функционирующих без участия человека, и освоения облачных технологий трансформируются производственные процессы и цепочки создания стоимости. Распространение бизнеса, основанного на принципах «экономики совместного потребления», стимулирует разработку технологий анализа больших данных и новых моделей распределенных вычислений.

Развиваются сети широкополосного доступа (5G), повышается скорость распространения, трафик и качество услуг связи, модернизируется телекоммуникационная инфраструктура. Размыwanie границ между операторами и банками (в части проведения платежей) радикально изменят телекоммуникационный и финансовый рынки.

Серьезно трансформируются и медиа. Развитие социальных сетей и мессенджеров приведет к смешению журналистской и персональной информации, улучшит форматы потребления и распространения контента. СМИ будут осваивать новые технологии, перестраивать организационную структуру и процесс производства, включая онлайнтовую и мобильную дистрибуцию через различные цифровые платформы и агрегаторы.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — освоение бизнес-моделей с применением ИКТ-решений; повышение эффективности использования средств производства в традиционных отраслях; расширение экспорта сложной наукоемкой продукции, созданной с использованием цифровых технологий; совершенствование устройств потребления контента; рост объемов производства контента; развитие производственной кооперации по модели совместного потребления («инфраструктура как услуга»; «платформа как услуга»; «программное обеспечение как услуга»); цифровая трансформация медиабизнеса; повышение вычислительного ресурса цифровых устройств на периферии многоуровневых сетей; переход к применению режима реального времени в распределенных системах; совершенствование технологий защиты информации с использованием российских криптографических стандартов.

В среднесрочном периоде — трансформация рынка ИКТ в условиях смены технологий компонентной базы из-за исчерпания

потенциала для роста производительности кремниевых процессоров, построенных на основе КМОП-технологии; освоение перспективных рынков с опорой на взаимодействие с контрактными производителями микросхем в странах Юго-Восточной Азии; использование «постэкзафлопных» суперкомпьютерных ресурсов для проектирования и моделирования, новых принципов организации распределенных вычислений; разработка новых методов автоматизированного проектирования информационных систем с использованием технологий искусственного интеллекта; создание вычислительных архитектур на новых парадигмах (нейроморфные, реконфигурируемые вычисления и др.); разработка широкого спектра «зеленых» технологий, обеспечение рационального энергопользования на основе применения цифровых технологий для разведки, оценки и мониторинга месторождений; производство контента без локализации, управление получением контента через нейронные сети; автоматизированное создание контента на основе когнитивных технологий и искусственного интеллекта; создание полностью автоматизированных систем потокового перевода контента.

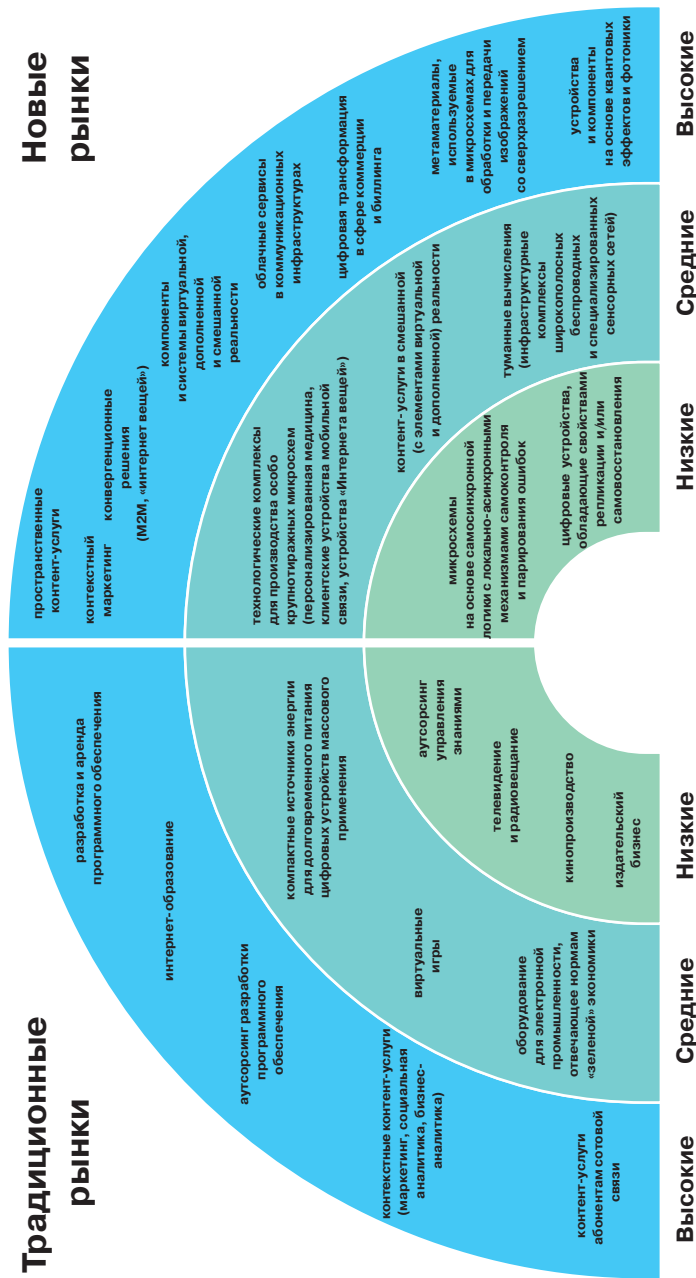
В долгосрочном периоде — распространение технологий «умных» инфраструктур; внедрение в информационных инфраструктурах компонентной базы на принципах фотоники; развитие квантового компьютеринга; освоение в программной индустрии принципиально новых классов алгоритмов на основе технологий глубинного обучения и нейронных сетей; развитие автоматизированного перевода контента.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — сохранение «цифрового неравенства»; неприятие обществом ряда технологий по соображениям этики (изменение человеческого генома, «проектирование детей» (*designer babies*) и др.) и конфиденциальности (накопление больших данных); использование ИКТ для дистанционного управления террористическими сетями; сохранение высокого уровня зависимости от зарубежных аппаратных и программных продуктов; сокращение иностранных заказов на услуги российских компаний.

В среднесрочном периоде — усиление противоречий между институтами интеллектуальной собственности и технологическими возможностями неправомерного использования результатов

Рис. 12. Традиционные и новые рынки для сектора индустрии информации



## Темпы роста

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

интеллектуальной деятельности; отставание в развитии цифровых технологий из-за отсутствия средств суперкомпьютерного моделирования телекоммуникационных систем, недостаточного уровня развития элементной базы; возможная патентная блокировка технических решений в сфере ИКТ; изоляция интернет-пространства.

В долгосрочном периоде — рост киберпреступности и ее эффектов; угроза перехвата данных со стратегически важных объектов в связи с использованием зарубежного программного обеспечения; рост угроз в области обеспечения прав человека в цифровом мире, включая вопросы идентификации и сохранения личных данных, копирования параметров, используемых в биометрических системах аутентификации.

### 3.9. Транспортный комплекс

Российский транспортный комплекс занимает одну из лидирующих позиций в мире по протяженности путей сообщения: 1,5 млн км автомобильных дорог, 1 млн км воздушных трасс, 86 тыс. км железнодорожных и 101 тыс. км внутренних водных путей. В 2016 г. доля транспортного комплекса в ВВП составила 6,4%, среднегодовая численность занятых — 4,6 млн чел. (более 6% занятых в экономике). Несмотря на масштабы, по грузо- и пассажирообороту Россия отстает от США, Китая и ряда других стран, а по эффективности грузовой логистики находится на 99-м месте в мире.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>Использование современных технологий и интеллектуальных систем, позволяющих перейти к концепции «мобильность как услуга»; обеспечение условий для создания мультимодальных транспортных систем, переход от конкуренции между воздушным, водным, морским, автомобильным и железнодорожным транспортом к их взаимодополнению на магистральных, межрегиональных, пригородных и городских перевозках. В перспективе возможна интеграция всех</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технологическая отсталость и высокая степень износа транспортной инфраструктуры (доля «вненормативных» автодорог общего пользования — 50%; уровень электрификации железнодорожных путей — 50,8%; наличие лимитирующих участков на Единой глубоководной системе европейской части России; относительно низкая рентабельность и провозная способность разных видов транспорта; неудовлетворительные показатели развития аэропортовой</li> </ul>

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<p>систем транспорта общего пользования в единую клиентоориентированную информационную среду, в рамках которой пользователь с помощью носимой электроники осуществляет планирование и управление поездкой</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Развитие международных транспортных коридоров, реализация транзитного потенциала России для обеспечения товарообмена между странами, снижения себестоимости грузовых перевозок, повышения политического веса на международной арене</li> <li>• Уберизация, каршеринг и совместное использование транспортных средств; совместное использование личных транспортных средств способствует разгрузке улично-дорожной сети</li> <li>• Создание и применение беспилотных транспортных средств (в том числе в рамках Национальной технологической инициативы, в проектах Фонда «Сколково» и др.) в целях обеспечения конкурентных преимуществ России на рынках будущего</li> <li>• Рост числа электрических систем в транспортных средствах, создание электромобилей (например, проект «Эллада» ПАО «АвтоВАЗ») и электрических морских судов, развитие концепции более электрифицированного самолета (например, МС-21)</li> <li>• Развитие отечественной индустрии туризма</li> </ul>	<p>и аэродромной сети). Степень износа основных фондов составляет 41,1% (в автомобильном пассажирском — 59,2%, внутреннем водном — 56,8%, воздушном транспорте — 44,3%). Доля морских судов со сроком эксплуатации свыше 30 лет составляет более 30%, речных и озерных судов — более 50%, наливных грузовых судов — свыше 70%, гражданских воздушных судов — более 40%; грузовых автомобилей со сроком эксплуатации свыше 15 лет — 48%, автобусов — более 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточный уровень развития систем скоростного пассажирского транспорта в городских агломерациях, интеллектуальных транспортных систем, повышающих эффективность управления транспортными потоками</li> <li>• Незрелость навигационных систем. Отсутствие субметровой точности определения местоположения ограничивает возможность автоматизации, повышения скоростных характеристик и безопасности транспорта, затрудняет применение его беспилотных видов. Всего 2% парка легковых автомобилей оснащены системой ЭРА-ГЛОНАСС</li> <li>• Дефицит квалифицированных кадров в авиации (недостаток летной практики при переизбытке начинающих пилотов), на предприятиях автомобильного транспорта (значительная доля персонала не имеет профильного образования), водного транспорта (слабая практическая подготовка плавсостава); низкая заработная плата; отток высококвалифицированных кадров</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неэффективное таможенное, тарифное регулирование, архаичная логистика; нехватка российских компаний-экспедиторов, обеспечивающих доставку грузов «от двери до двери» по сквозному тарифу</li> <li>• Низкий уровень мобильности населения сдерживает инвестиционную привлекательность сектора, не позволяет компенсировать затраты на развитие транспортной инфраструктуры</li> </ul>
--	---

### **Глобальные тренды**

Развитие транспортного комплекса обусловлено изменениями в мировой экономике, усилением глобальной конкуренции, трансформацией потребностей общества, достижениями науки и технологий. Ожидается повышение доступности, качества, скорости перевозок, устойчивости и безопасности. Природно-климатические угрозы определяют необходимость перехода к энергоэффективным транспортным средствам и соответствующей инфраструктуре.

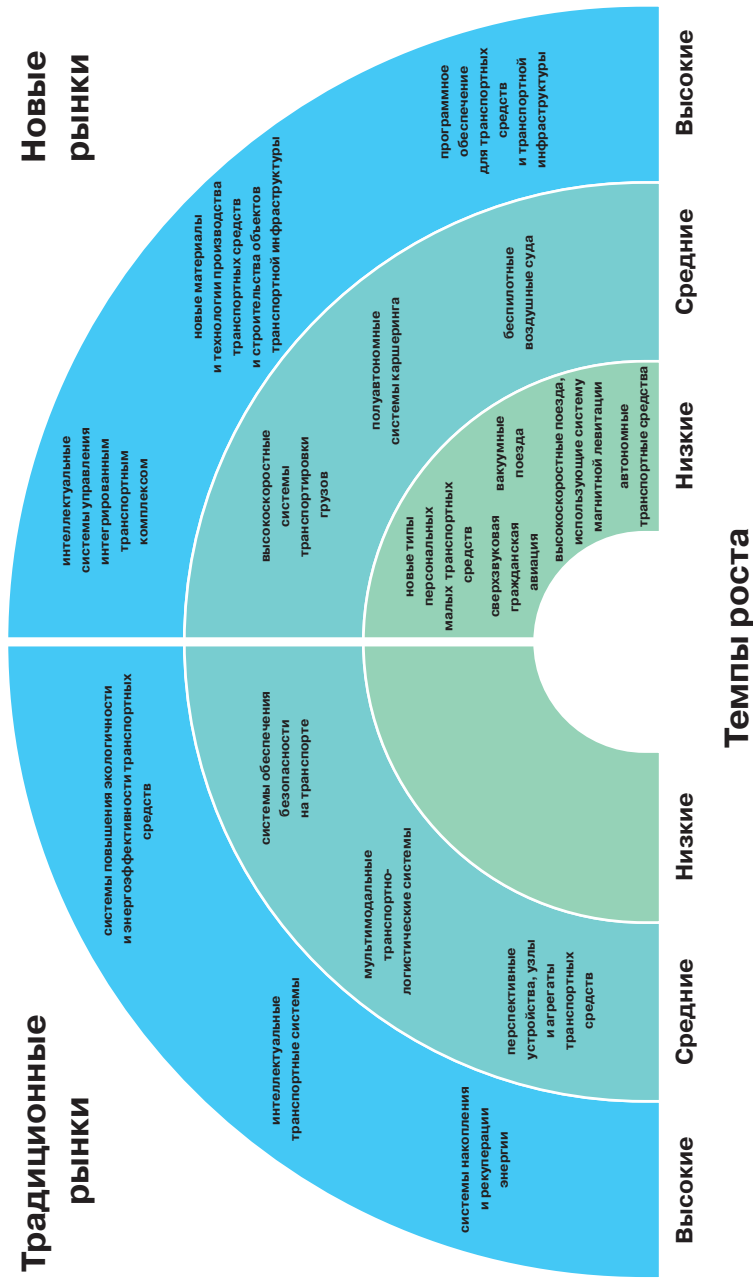
Конвергенция технологий, использование искусственного интеллекта, применение новых материалов позволяют создавать и развивать интеллектуальные и высокоскоростные транспортные системы, повышать безопасность использования пилотируемых и автономных транспортных средств и совершенствовать их технико-экономические параметры.

Одновременно скорость и эффективность транспортного обслуживания будут повышаться за счет распространения технологий виртуальной реальности и трехмерной печати, которые снижают необходимость передвижения людей и грузов в пространстве.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — развитие технологий строительства и содержания объектов транспортной инфраструктуры; завершение перехода к единому электронному билету для всех видов транспорта; распространение новых видов транспортных услуг (каршеринг и др.); интеграция внутреннего водного транспорта

Рис. 13. Традиционные и новые рынки для транспортного комплекса



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

в систему транспортного обслуживания агломераций; использование современных устройств информирования и мониторинга пассажиров.

В среднесрочном периоде — создание инфраструктуры зарядных и многотопливных заправочных станций; развитие интеллектуальных систем управления мультимодальными перевозками пассажиров и грузов, транспортными средствами, в том числе беспилотными; интеграция беспилотных воздушных судов в систему управления воздушным движением, в том числе на основе использования принципов роевого интеллекта; появление воздушного такси.

В долгосрочном периоде — совершенствование технических параметров транспортных средств для расширения условий их эксплуатации (одновременно на воде, суше, в воздухе и др.); развитие национальной сети высокоскоростных железнодорожных магистралей (500 км/ч и выше); расширение железнодорожной сети в целях разделения грузового и пассажирского движения.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — повышение требований к экологичности и безопасности транспортных средств; увеличение частоты техногенных катастроф на транспорте из-за роста нагрузки на транспортную систему; трансформация структуры транспортных потоков в обход России.

В среднесрочном периоде — усиление дисбаланса темпов развития объектов инфраструктуры и роста числа транспортных средств; повышение требований к устойчивости транспортной системы к неблагоприятным климатическим условиям; возникновение барьеров для международной торговли; уязвимость транспортного комплекса перед кибератаками.

В долгосрочном периоде — запрет эксплуатации транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания на территории отдельных регионов; падение спроса на перевозки и вытеснение традиционных видов транспорта в связи с появлением альтернативных технологий (виртуальная реальность, трехмерная печать).

## **3.10. Космическая деятельность**

Космическая деятельность охватывает создание (разработку, изготовление и испытания), использование (эксплуатацию) космической техники, космических материалов и космических

технологий и оказание иных услуг, а также международное сотрудничество в области исследования и использования космического пространства. Общий объем мирового рынка космической продукции и услуг достиг в 2016 г. 339,1 млрд долл. Доля России в его коммерческом сегменте не превышает 5%. Примерно такая же доля приходится на Россию и в суммарном объеме государственного финансирования космической деятельности в мире. Российская ракетно-космическая промышленность (РКП) сталкивается с серьезными вызовами: в 2016 г. доля оборудования старше 20 лет составила 70%; загрузка основных производств крайне неравномерна — от 60 до более 200%; 28% эксплуатируемого оборудования — импортное, аналоги которого не выпускаются отечественной промышленностью.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расширение круга потребителей и растущий мировой спрос на результаты космической деятельности способствуют росту масштабов и рентабельности производства, улучшению финансовых условий, появлению новых игроков, в том числе частных. Усиление конкуренции станет стимулом для повышения качества продукции и услуг космической промышленности и доведения их технико-экономических характеристик до мирового уровня</li> <li>• Реструктуризация предприятий, укрепление научно-технологического потенциала, диверсификация и коммерциализация высокотехнологичной продукции как основа для выхода России на новые сегменты мирового космического рынка</li> <li>• Внедрение платформенных технологий в процессы производства ракетно-космической техники (робототехники, аддитивных технологий, новых материалов и т.д.), повышение на этой основе эффек-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточное государственное финансирование космической деятельности, в том числе в рамках Федеральной космической программы России</li> <li>• Старение кадрового состава предприятий РКП (средний возраст — около 45 лет, выше среднего возраста занятых в экономике)</li> <li>• Низкий уровень коммерциализации космических услуг: объем коммерческой деятельности предприятий ГК «Роскосмос» на рынке космических продуктов и услуг — не более 15% от общего объема продаж</li> </ul>

тивности создания космических устройств и аппаратов и появление новых видов космической продукции	
---	--

## Глобальные тренды

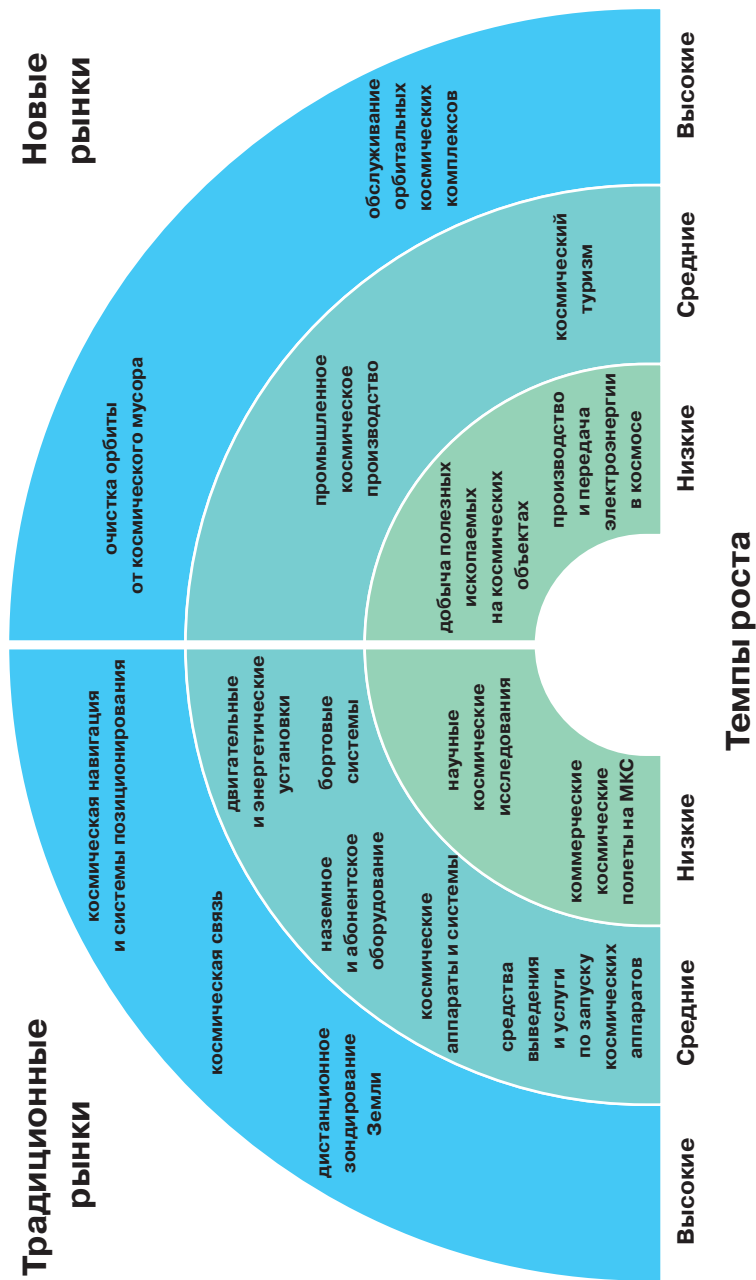
Ожидается рост спроса на услуги спутникового мониторинга, навигации и позиционирования, средства дистанционного зондирования Земли. Это приведет к росту конкуренции в соответствующих сегментах рынка космической деятельности, появлению новых моделей бизнеса с участием новых игроков (прежде всего частных компаний), расширению номенклатуры услуг и повышению их доступности для потребителей. Модернизация российской РКП, появление новых и развитие существующих технологий позволят решить задачи по снижению веса космических аппаратов. Применение новых материалов и модульного принципа сборки узлов и агрегатов космической техники будет способствовать оптимизации процессов производства (в том числе за счет их автоматизации и роботизации). К 2030 г. будут сформированы условия для освоения Луны и окололунного пространства: создание лунной базы для разработки ее природных ресурсов и орбитальной станции как промежуточного пункта для пилотируемых полетов на Марс, в том числе с использованием ядерных энергетических установок.

Развитие платформенных технологий обеспечит появление новых продуктов, услуг и специализированных сервисов по обслуживанию космических систем (технологии роботизированного орбитального обслуживания и диагностики космических аппаратов в космосе, технологии увода с орбиты объектов космического мусора и др.).

## Окна возможностей

В краткосрочном периоде — рост спроса на системы мониторинга опасных природных явлений и экологических катастроф антропогенного характера; распространение спутниковой связи на неравномерно заселенной территории России; применение новых материалов со специальными свойствами в системах и оборудовании космических аппаратов, модульного принципа сборки узлов и агрегатов космической техники; развитие инфраструктуры микроспутниковых технологий полного цикла.

Рис. 14. Традиционные и новые рынки для сектора космической деятельности



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В среднесрочном периоде — снижение стоимости создания космических аппаратов за счет применения новых технологий (робототехники, аддитивных технологий, «индустриального интернета»); создание средств защиты космических аппаратов и орбитальных группировок от объектов космического пространства, в том числе космического мусора, астероидов и др.

В долгосрочном периоде — автоматизация сервисных и технологических работ в космосе с использованием робототехнических систем; повышение эффективности высокотехнологичных производственных циклов в околоземном космическом пространстве; добыча природных ресурсов на космических объектах; развитие ядерных, ионных, плазменных двигательных установок, работающих на основе новых технологий и физических принципах космического движения.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — усиление конкуренции на космическом рынке, в том числе в сегменте создания космических аппаратов и средств выведения; завершение срока действия контракта России и США по оказанию полетных услуг по доставке экипажей и грузов на МКС; рост числа нештатных ситуаций и случаев преждевременного выхода из строя космической техники; ограничение доступа к зарубежной космической технике и электронной компонентной базе из-за режима санкций; увеличение техногенного загрязнения геостационарной орбиты.

В среднесрочном периоде — старение кадров и связанная с этим проблема освоения новых компетенций; снижение заинтересованности частного бизнеса в развитии космической деятельности; ужесточение экологических требований к средствам выведения космических аппаратов, системам запуска ракет-носителей и приземления спускаемых аппаратов.

В долгосрочном периоде — конфликт интересов участников космической деятельности из-за несовершенства международной нормативной правовой базы; усиление технологического отставания научно-экспериментального и промышленного комплекса отрасли; недофинансирование проектов создания объектов наземной инфраструктуры.

## **3.11. Электроэнергетика и ЖКХ**

Сектор «Электроэнергетика и ЖКХ» включает производство, передачу и сбыт электрической и тепловой энергии, водоснаб-

жение и водоотведение, газоснабжение населения, утилизацию твердых коммунальных/бытовых отходов (ТКБО), управление, обслуживание и капитальный ремонт многоквартирных домов, благоустройство территорий. Если ЖКХ практически не подвергалось технической модернизации (уровень износа основных фондов, коммунальной инфраструктуры — более 60%, ощутимые — до 30% — эксплуатационные потери тепла и воды, повышенная аварийность и др.), то в электроэнергетике наблюдался интенсивный ввод новых электрогенерирующих мощностей, в том числе высокоэффективных парогазовых установок преимущественно на основе зарубежных газовых турбин. При этом большая часть отработавших свой ресурс мощностей осталась в эксплуатации, негативно влияя на экономику отрасли. Ежегодно образуется более 3,5 млрд т отходов, в том числе 35–40 млн т ТКБО, которые представляют серьезную экологическую угрозу из-за низкой степени их переработки и большого количества несанкционированных свалок.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость вывода из эксплуатации экономически неэффективного, физически и морально устаревшего энергетического оборудования, введения новых мощностей на базе отечественных технологий и оборудования с сохранением приоритета выработки электрической и тепловой энергии в комбинированном режиме</li> <li>• Модернизация ТЭС, электрических и тепловых сетей — повышение их эффективности и рентабельности, снижение негативного воздействия на окружающую среду (более 60% эксплуатируемых котельных, работающих на природном газе, могут быть реконструированы в мини-ТЭЦ); сокращение объема используемого топлива, снижение потерь при передаче энергии</li> <li>• Широкое внедрение интеллектуальных систем с использованием</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Критическая зависимость от импортного оборудования и технологий при высокой стоимости заемных средств: значительная доля импорта (по большим газовым турбинам, микротурбинам, газопоршневым установкам, природоохранному оборудованию, а также комплектующим к ним)</li> <li>• Неэффективные модели ценообразования, слабая конкуренция на оптовом и розничном рынках энергии и мощности</li> <li>• Отсутствие баланса структур электро- и теплоснабжения (централизованная система, распределенная генерация, интеллектуальные энергетические системы)</li> <li>• Избыток сверхнормативных электрогенерирующих мощностей</li> <li>• Диспропорция между заявляемыми характеристиками электропотребления при технологическом</li> </ul>



<p>технологий облачных вычислений и больших данных, развитие «интернета вещей» и «интернета энергии»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интеграция электроэнергетики в Едином экономическом пространстве ЕАЭС, увеличение экспорта электрической энергии и мощности, прежде всего на востоке страны</li> <li>• Опережающий рост доли потребления электроэнергии в общем энергопотреблении за счет углубления электрификации транспорта и ЖКХ, распространения новых энергоемких технологий (дата-центры, блокчейн, криптовалюты и т.д.)</li> <li>• Развитие ЕЭС, оптимизация структуры и загрузки электро- и теплогенерирующих мощностей по типам генерации (с учетом маневренности оборудования) и видам энергоресурсов; совершенствование структуры топливно-энергетического баланса страны, в том числе в изолированных от ЕЭС энергетических районах</li> <li>• Повышение требований к надежности, качеству и стоимости поставок электрической и тепловой энергии со стороны промышленности и населения</li> <li>• Внедрение рыночных механизмов, стимулирующих потребителей к активному участию в формировании розничного рынка электроэнергии (управление спросом, участие в регулировании графика нагрузки, рост собственной генерации), с применением технологий аккумулирования, хранения и воспроизводства электроэнергии</li> <li>• Внедрение энергоэффективных технологий и оборудования для</li> </ul>	<p>присоединении и их фактически значениями</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокие ресурсоемкость и потери при передаче тепловой энергии, воды (фактические неучтенные потери воды в некоторых городах достигают 40%)</li> <li>• Отсутствие отечественных технологий вторичного использования компонентов ТКБО (в виде топлива и др.)</li> <li>• Отсутствие эффективной системы балансировки продаж тепловой энергии и воды из-за проблем с организацией эффективного приборного учета</li> <li>• Высокая доля просроченной задолженности (общий объем задолженности потребителей за услуги ЖКХ к 2016 г. превысил 1,3 трлн руб., почти половина из них — долги населения)</li> <li>• Дефицит квалифицированных кадров</li> <li>• Низкий уровень культуры населения в сфере энергосбережения и бережного отношения к окружающей среде</li> </ul>
---	--

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<p>снижения себестоимости продукции и повышения эффективности производственных процессов на ТЭС, предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) и ЖКХ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Развитие технологий возобновляемой энергетики, снижение себестоимости решений в этой области</li> <li>• Внедрение новых отечественных технологий водоочистки и очистки сточных вод в промышленном масштабе в ВКХ; снижение на этой основе издержек и повышение качества питьевой воды; установка на промышленных предприятиях оборудования для предварительной очистки сбрасываемых сточных вод от специфических загрязнителей</li> <li>• Создание современных технологий переработки и утилизации ТКБО. Это позволит улучшить экологическую обстановку, вторично использовать ценные ресурсы, получить возобновляемый источник тепловой энергии</li> </ul>	

### Глобальные тренды

В мировой энергетике происходит одновременно несколько важных технологических сдвигов. Развитие робототехники и средств индивидуального производства, применение новых материалов и материалов со специальными свойствами приводят к быстрому изменению характеристик промышленного и энергетического оборудования (удешевление, повышение эффективности, снижение энергоемкости и негативного воздействия на окружающую среду).

Электроэнергетические компании стремятся получить предварительную гарантию цены на вырабатываемую энергию на новых электростанциях и предпочитают не инвестировать в крупные

объекты с длительными сроками окупаемости (более 15 лет), поскольку ситуация на рынке быстро меняется. Основные инвестиции направляются в небольшие генерирующие объекты, электрические сети, распределение энергии и цифровые технологии.

Практика интеграции больших объемов ВИЭ в сеть в разных странах мира подтвердила несостоятельность требований резервирования мощности. Эти функции смогут выполнять «умные» системы управления энергосистемами, обеспечивая быстрый переток энергии между потребителями и регионами.

Масштабируются технологии активно-адаптивных интеллектуальных систем и сетей для централизованного, распределенного и индивидуального энергоснабжения, использования в промышленных и бытовых условиях (технологии активных и пассивных «умных» домов, интеллектуального электро-, тепло- и хладоснабжения, освещения, технологии автоматизации, контроля и учета и т.д.).

Рост населения и урбанизация поддерживают спрос на энергоресурсы, особенно в городах и новых высокотехнологичных сегментах (электромобили, услуги по хранению данных, урбанизованное сельское хозяйство и др.). Новые технологии появятся в системе передачи, распределения и хранения энергии, которые во многом формируют облик «умных» городов.

В теплоэнергетике актуальны задачи оптимизации системы теплоснабжения поселений, использования альтернативных (в том числе низкопотенциальных) источников энергии. Перспективным представляется применение в качестве топлива возобновляемых биоресурсов и ТКБО.

Наращивание потребления водных ресурсов промышленностью, энергетикой, сельским хозяйством и населением создает дополнительную нагрузку на водные бассейны, усложнит работу коммунальных предприятий по водоочистке, в то же время способствуя развитию комбинированных межотраслевых решений. Нехватка пресной воды, особенно в прибрежных районах и островных государствах, стимулирует развитие и удешевление технологий опреснения и оборотного использования воды.

### **Окна возможностей**

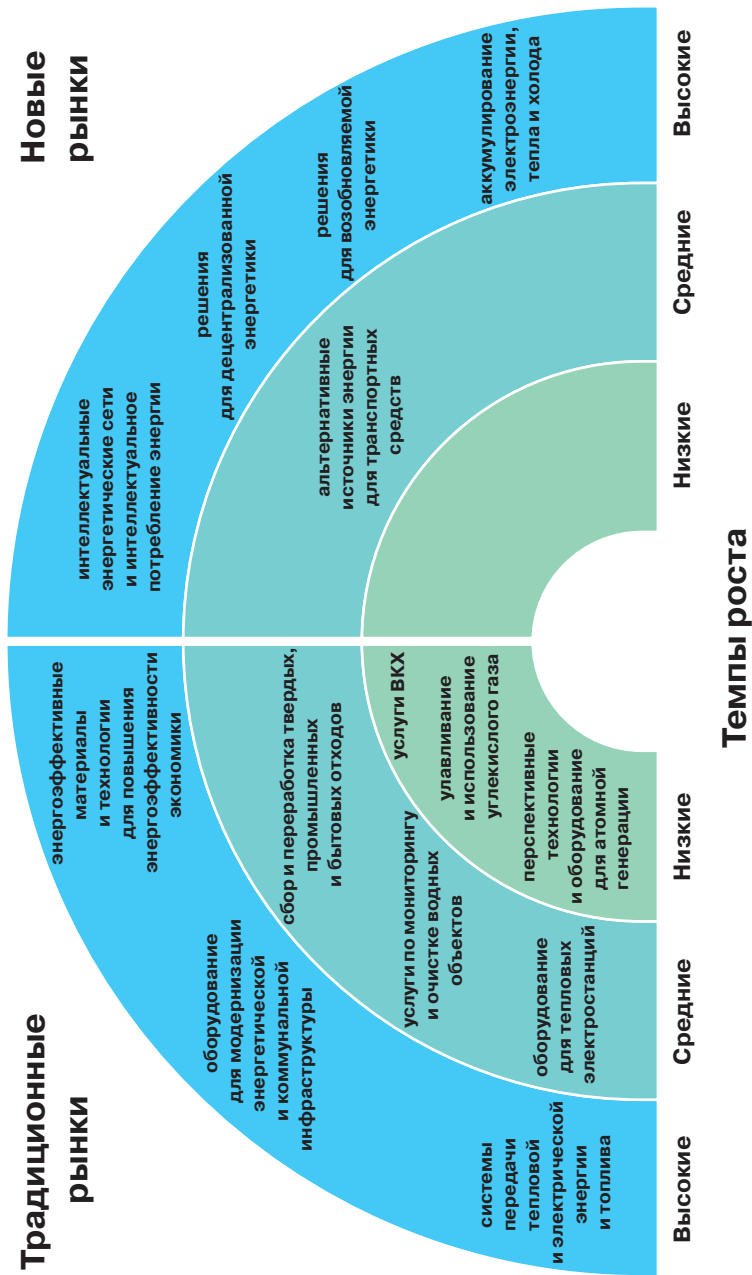
В краткосрочном периоде — электрификация малых и удаленных населенных пунктов благодаря росту доступности ВИЭ для населения; промышленное развитие Восточной Сибири и Даль-

него Востока; рост экспорта электроэнергии и энергетических технологий в приграничные государства; повышение требований к энергоэффективности жилых зданий, зданий в госсекторе; рост спроса на автономное энергоснабжение, «чистые» энергетические технологии и энергоэффективные решения; обеспечение инвестиционной привлекательности коммунальной инфраструктуры.

В среднесрочном периоде — рост спроса на электроэнергию в результате «новой электрификации» и урбанизации, развития электротранспорта, повышения энерговооруженности ЖКХ; повышение доступности и востребованности «умных» энергетических технологий (активно-адаптивных интеллектуальных систем и сетей, интеллектуальных систем для централизованного, распределенного и индивидуального энергоснабжения для использования в бытовых и промышленных условиях, систем аккумулирования энергии, координации режимов, цифровизации инфраструктуры сбора данных), изменение потребительского поведения (активная роль конечных потребителей); обеспечение эффективного сочетания систем централизованного электро- и теплоснабжения с развитием распределенной генерации и интеллектуализацией энергетических систем; повышение технологической эффективности и снижение себестоимости технологических решений в возобновляемой и малой энергетике; развитие централизованного и индивидуального теплоснабжения на ВИЭ (использование биомассы, преобразование электричества в тепло); рост инвестиций в модернизацию городской коммунальной инфраструктуры; улучшение качества питьевой воды; решение технологических и экологических проблем переработки отходов.

В долгосрочном периоде — оптимизация отечественных энергосистем; улучшение существующих и использование новых технологий передачи и хранения энергии (новых типов накопителей различных видов энергии и др.), инфраструктуры (системы подзарядки и выдачи мощности) для централизованного, распределенного и индивидуального энергоснабжения, на транспорте; занятие новых рыночных ниш благодаря развитию экологически чистых и эффективных технологий ВИЭ и атомной энергетики; снижение объема складированных и сжигаемых отходов, развитие культуры управления отходами и природопользования; распространение рационального водопользования; использование обработанных канализационных вод для полива и орошения.

Рис. 15. Традиционные и новые рынки для сектора электроэнергетики и ЖКХ



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

## Угрозы

В краткосрочном периоде — дефицит инвестиционных ресурсов вследствие неблагоприятной для сектора тарифной политики, торможения преобразований на рынках энергии и мощности, сохранения высокого уровня неплатежей и криминогенной деятельности; недостаточно активное импортозамещение, сохранение критической зависимости от иностранных технологий, оборудования, материалов и программного обеспечения; слабое вовлечение вторичных энергоресурсов, промышленных и бытовых отходов в производство электрической и тепловой энергии; снижение надежности и рост аварийности коммунальной инфраструктуры.

В среднесрочном периоде — срыв процесса модернизации, повышение доли морально и физически изношенного оборудования объектов генерации, транспортировки и распределения энергии; критический рост уязвимости к криминальному и враждебному воздействию, кибертерроризму через технологии удаленного доступа; нарастание дефицита квалифицированных инженеров-энергетиков в новых сегментах отрасли.

В долгосрочном периоде — рост уязвимости энергетических объектов к климатическим изменениям; критическое повышение расходов на страхование, защиту и ликвидацию последствий аварий и техногенных катастроф; диспропорции в энергетической системе вследствие несбалансированного развития различных видов генерирующих мощностей (централизованного, распределенного, автономного), изменений в пространственном распределении спроса на электрическую и тепловую энергию в процессе мобильности населения и производства.

### 3.12. Строительный комплекс

Строительный комплекс — строительство зданий, инженерных сооружений, специализированные строительные работы, промышленность строительных материалов — производит значительную долю ВВП (строительная отрасль — 6,2%, отрасль строительных материалов — 0,6%). При этом его состояние и динамика существенно зависят от экономической конъюнктуры. Комплекс ориентирован на внутренний рынок; за рубежом российскими организациями в основном строятся атомные и гидроэлектростанции, газо- и нефтепроводы. Подавляющая часть (97%) строительных организаций являются микропредприятиями или субъектами малого предпринимательства. Для них характерны низкая произ-

водительность труда, невысокая оснащенность средствами малой механизации, что усиливает их экономическую и финансовую уязвимость.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость повышения безопасности зданий (сооружений) и капитального ремонта значительной части жилищного фонда, благоустройства территорий особенно в малых и средних городах (только в Москве в реконструкции нуждаются почти половина всех многоквартирных домов; до 2030 г. планируется обновить 25,4 млн м<sup>2</sup> жилой площади)</li> <li>• Реализация программы реновации жилья в Москве до 2032 г. (снос более 5 тыс. домов площадью около 16 млн м<sup>2</sup>, строительство 32–33 млн м<sup>2</sup> нового жилья)</li> <li>• Необходимость ремонта и возведения новых объектов промышленности, транспортной и социальной инфраструктуры, ЖКХ, в том числе с применением современных энерго- и ресурсосберегающих технологий</li> <li>• Внедрение новых нормативов строительства, их унификация, снижение административных барьеров, в том числе с целью сокращения временных и финансовых затрат заказчиков и подрядчиков</li> <li>• Комплексное освоение новых территорий создаст дополнительный спрос на строительные материалы и услуги (только по программе бесплатного гектара на Дальнем Востоке получены около 30 тыс. участков для жилищно-гражданского строительства)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Непрозрачность ценообразования, завышение сметы проектов (по оценкам Счетной палаты Российской Федерации, на 20–45%), особенно для инженерного специализированного строительства, где крупнейшим заказчиком выступает государство</li> <li>• Финансовая неустойчивость многих строительных организаций (из-за непроработанной проектной документации стоимость объектов может повыситься многократно, и подрядчики будут вынуждены компенсировать перерасходы за свой счет)</li> <li>• Несовершенство национальной системы стандартизации (предписывающий метод нормирования с жесткими стандартами и методами оценки)</li> <li>• Серьезная зависимость от импортного оборудования и материалов (доля импорта по экскаваторам — порядка 70%, кранам на пневмоколесном ходу и скреперам — 50%) и высокий износ техники (срок службы истек у 74% скреперов, 64% кранов на гусеничном ходу, половины башенных кранов, бульдозеров на тракторах и автогрейдеров)</li> <li>• Низкий уровень использования строительных отходов в производстве (перерабатывается или обезвреживается 45% промышленных отходов, в развитых странах — до 90%)</li> </ul>

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Снижение процентных ставок по ипотеке и кредитам, восстановление докризисных объемов кредитования строительства</li> <li>• Повышение прозрачности деятельности застройщиков, создание компенсационного фонда долевого строительства для повышения защищенности и доверия частных инвесторов в процессе софинансирования новых проектов</li> <li>• Развитие учетно-регистрационной системы, аккумулирующей достоверную информацию об объектах недвижимости на территории Российской Федерации — Единого государственного регистра недвижимости</li> <li>• Внедрение единой методологии оценки кадастровой стоимости недвижимости, используемой государственными и частными саморегулируемыми организациями</li> <li>• Постепенное сокращение сроков государственной регистрации прав собственности</li> <li>• Ликвидация двойной ответственности собственников земли за неиспользование, нецелевое использование участков, предназначенных для жилищного строительства</li> <li>• Разрешение строительства индивидуальных жилых домов на дачных участках с возможностью постоянной регистрации граждан</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная защита интересов участников долевого строительства (в 2017 г. численность граждан, в отношении которых застройщик не выполнил обязательства, составила около 75 тыс. чел.)</li> </ul>

### Глобальные тренды

Строительный комплекс тесно связан с другими секторами экономики, быстро реагирует на изменение экономической конъюнктуры и внешних условий. Так, из-за действия факторов,



связанных с окружающей средой, в строительстве возрастет потребность в применении экологически чистых материалов, энергоэффективных и безотходных технологий, разработке конструктивных решений зданий и сооружений, устойчивых к природным и техногенным катастрофическим воздействиям.

Вызовы урбанизации и снижение уровня комфорта жителей в городах обусловили появление концепции «умного» города, в основе которой лежит применение информационных технологий для целей энергосбережения (распределенная генерация энергии, создание объектов хранения и трансформации энергии), повышение эффективности транспортных систем и управления ЖКХ, утилизации отходов.

Развитие технологий информационного моделирования (Building Information Modeling, BIM), дополненной и виртуальной реальности будет способствовать улучшению качества строительства, снижению затрат при возведении, эксплуатации, ремонте и утилизации строительных объектов и материалов.

Технологии модульной сборки с использованием 3D-печати позволят производить цельные стройконструкции и здания, многократно увеличить производительность труда, сократить стоимость строительных компонентов, объемы отходов. Время возведения зданий (и их элементов) будет измеряться днями и даже часами. Применение строительных материалов новых типов (функциональных, конструкционных, гибридных, самовосстанавливающихся) повысит надежность и функциональность строительных объектов.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — рост спроса на BIM-технологии; наращивание производства доступных и экологичных строительных материалов на отечественном оборудовании; интеграция профессиональных стандартов в процесс обучения; развитие строительных кластеров.

В среднесрочном периоде — появление новых моделей и технологий промышленной и гражданской архитектуры, проектирования застройки и «умной» инфраструктуры населенных пунктов; выход на новые рынки за счет внедрения технологий устойчивого строительства; сокращение затрат и ускорение работ на основе перехода на параметрическую систему национальной стандартизации; унификация процесса строительства, применение индустриальных сборных компонентов и модулей; снижение издержек

на логистику за счет локализации производства строительных материалов; расширение объемов использования вторичных ресурсов в промышленности строительных материалов.

В долгосрочном периоде — внедрение технологий дополненной и виртуальной реальности, расширение использования дистанционного онлайн-контроля за качеством и сроками строительства; индустриализация строительной деятельности в результате широкого использования аддитивных технологий, включая 3D-печать; применение материалов нового поколения и методов строительства в климатически и сейсмически сложных местностях (в том числе в Арктике); создание интеллектуальных сенсорных систем для мониторинга состояния инфраструктуры; внедрение роботизированных комплексов, минимизирующих участие человека на различных этапах строительства; строительство трубопроводных транспортных сетей, включая инфраструктуру для вакуумного поезда, производственных объектов в космическом пространстве и Мировом океане; терраформинг (приведение условий обитания на космических объектах к состоянию, пригодному для человека).

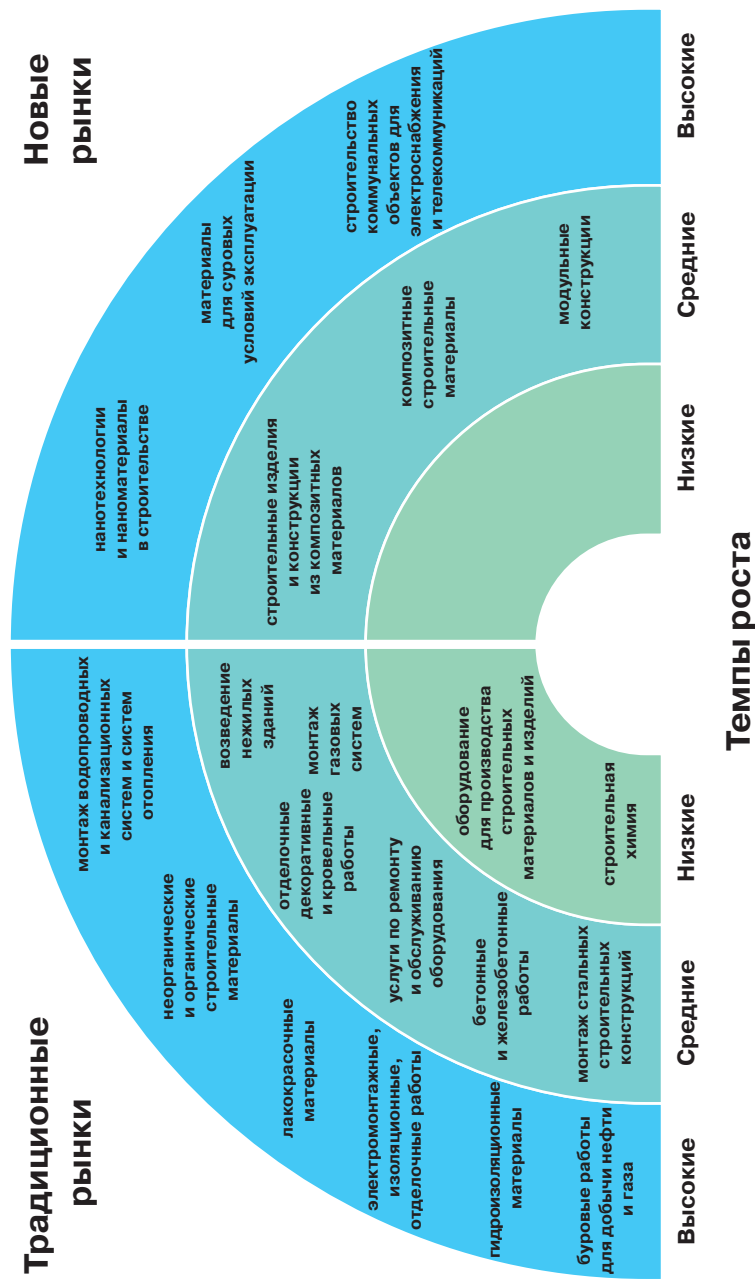
### Угрозы

В краткосрочном периоде — сохранение административных барьеров в области нормирования; несовершенство систем технических стандартов и государственных закупок в строительстве; высокая зависимость комплекса от государственных вложений в инфраструктуру; рост цен на материалы и стоимость квалифицированной рабочей силы; отсутствие системы независимой оценки квалификации специалистов; приток иностранных рабочих низкой квалификации; высокая конкуренция с иностранными компаниями на внутреннем рынке; низкий уровень использования технических средств при проведении строительных работ.

В среднесрочном периоде — рост тарифов на подключение к инженерным сетям; экологические барьеры для экспорта строительных материалов российского производства в развитые страны; дефицит разрабатываемых месторождений нерудных строительных материалов; отсутствие отечественного производства базовых химических продуктов для строительной химии; низкий уровень внедрения BIM-технологий; неготовность населения к внедрению технологий «умного» дома.

В долгосрочном периоде — отставание от зарубежных стран в темпах перехода к строительству «умных» домов, использования в

Рис. 16. Традиционные и новые рынки для строительного сектора



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

строительстве промышленных отходов, рециклинга строительных материалов.

### 3.13. Финансовый сектор

Услуги российского финансового сектора — банковские, инвестиционные, страховые и проч. — обеспечивают 4,3% ВВП России (в США — 2,9%, в Китае — 5,6%); в нем работают 1,9% занятых в экономике. По данным Всемирного экономического форума, по уровню развития финансового рынка Россия занимает 108-е место в мире. Доминирует в нем банковская система.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ужесточение регулирования финансовой системы, защиты прав потребителей финансовых услуг, совершенствования контроля со стороны Банка России (выведение недобросовестных игроков, раскрытие информации), повышение на этой основе устойчивости сектора; снижение рисков пользователей; вовлечение широких слоев населения</li> <li>• Реализация программ повышения финансовой грамотности населения</li> <li>• Налаженные каналы продаж через крупные банки, пользующиеся доверием населения; адаптация новых клиентоориентированных технологий; распространение инновационных продуктов и услуг</li> <li>• Готовность финансовых компаний и банков к инновациям</li> <li>• Высокий базовый уровень подготовки кадров в области ИКТ, развитие компетенций, необходимых для разработки и внедрения финансовых технологий</li> <li>• Интеграция финансовых рынков в рамках ЕАЭС (в будущем — в рам-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточный объем ресурсов для долгосрочных инвестиций, сложности с привлечением внешнего фондирования; невысокое доверие населения к инвестициям в рублевые инструменты</li> <li>• Высокая концентрация активов, низкий уровень конкуренции (у пяти банков — 55% активов банковской системы, у лидера сектора — почти 30%)</li> <li>• Низкий уровень финансовой устойчивости кредитных организаций из-за ужесточения международного регулирования, санкций, роста резервов. Ослаблено доверие клиентов и самих банков друг к другу</li> <li>• Несбалансированность пенсионной системы, рост нагрузки на бюджет из-за старения населения</li> <li>• Низкая финансовая грамотность населения по сравнению со странами ОЭСР; высокие риски снижения благосостояния и платежеспособности клиентов банков и инвестиционных компаний</li> </ul>

ках БРИКС); расширение потенциальных рынков для инновационных продуктов и услуг

- Открытый доступ для иностранных инвесторов к финансовым инструментам; вероятный рост глубины и ликвидности российского рынка при снижении геополитических рисков

## Глобальные тренды

В мировой финансовой системе сформировались новые долгосрочные тренды, возникают новые финансовые модели и инструменты. Превращение рынков финансовых продуктов в рынки платформ радикально меняет роль финансовых посредников. Традиционные банковские услуги переводятся в дистанционный формат: мобильный банкинг, онлайн-кредитование и др. Развивается инфраструктура внутристрановых платежей; появляются небанковские платежные системы, новые игроки на рынках трансграничных платежей. Практики, применяемые в платежах массовых потребителей, адаптируются для институциональных клиентов. На базе технологий хранения и обработки данных возникнут новые цифровые платформы для операций на финансовых рынках. Использование больших данных и развитие искусственного интеллекта повысят уровень персонализации финансовых услуг. Некоторые сервисы будут развиваться в рамках экономики совместного потребления. Появится насущная потребность в финансовых инструментах и способах управления экологическими и техногенными рисками. В перспективе 10–15 лет развитие технологий распределенного реестра и платформ на его основе приведет к распространению «интернета платежных вещей». Цифровым двойникам физические объекты будут делегированы отдельные полномочия проведения взаимных транзакций, принятия «самостоятельных» решений о страховании, лизинге, кредитовании и т.д. Иерархические системы корпоративного управления организациями сменятся на распределенные с использованием смарт-контрактов.

Старение населения и рост склонности к накоплению у среднего класса развитых стран способствуют ослаблению приверженности к риску. В инвестиционных портфелях вырастет доля ин-

струментов с фиксированной доходностью. Это трансформирует сектор услуг по управлению благосостоянием: с большой вероятностью может снизиться уровень доходности распространенных типов активов, повысив спрос на альтернативные модели инвестирования (краудфандинг, платформы взаимного кредитования, криптовалюты и др.). При этом оба процесса будут сопровождаться неготовностью населения старших возрастов к финансовым инновациям.

Население будет отдавать предпочтение крупным финансовым учреждениям, пользующимся доверием. Одновременно за счет автоматизации процессов и снижения барьеров выхода на рынки будут активно развиваться небольшие высокотехнологичные финансовые фирмы, кооперирующиеся с крупными банками. Вероятен сценарий, в рамках которого крупные банки будут конкурировать с единой облачной платформой, предоставляющей доступ для производителей и потребителей финансовых услуг. Усилится роль ИТ-компаний, вкладывающих значительные средства в ИР.

Молодежь будет отдавать предпочтение кастомизированным сервисам. Причем адаптация финансовых технологий произойдет быстрее в некоторых развивающихся странах из-за «мягкого» регулирования и значительной доли молодого населения. Финансовые услуги смогут распространяться и среди населения, не имеющего доступа к банковскому обслуживанию.

Повысится уровень глобализации финансовых сервисов и услуг, что потребует их международной стандартизации. Будет расти кооперация в области разработки и внедрения правил регулирования глобального финансового рынка. При этом относительно «жесткое» регулирование в некоторых развитых (США) и развивающихся (Китай, Нигерия, Саудовская Аравия, Эквадор и др.) странах может затормозить этот процесс, ограничить взаимодействие в этой сфере для защиты интересов собственных граждан. Произойдет переход денежных систем отдельных стран и межгосударственных блоков на цифровые валюты с контролируемой регуляторами эмиссией и расширенными функциональными характеристиками (встроенная криптографическая защита, возможности автоматического исполнения транзакций, сохранение истории платежей и др.). Возникнет целый сегмент технологических компаний, деятельность которых будет направлена на снижение затрат для соответствия требованиям локальных и глобальных финансовых регуляторов. Возрастет значимость вопросов глобальной кибербезопасности, защиты персональных данных,

идентификации личности в информационном пространстве при совершении транзакций.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — стимулирование внедрения технологий со стороны регуляторов для повышения прозрачности финансовых рынков; быстрая адаптация зарубежных технологий с низкой капиталоемкостью внедрения; дистанционное предоставление финансовых услуг во всех населенных пунктах; взаимодополнение банковских и небанковских финансовых продуктовых линеек; развитие технологий цифровой идентификации.

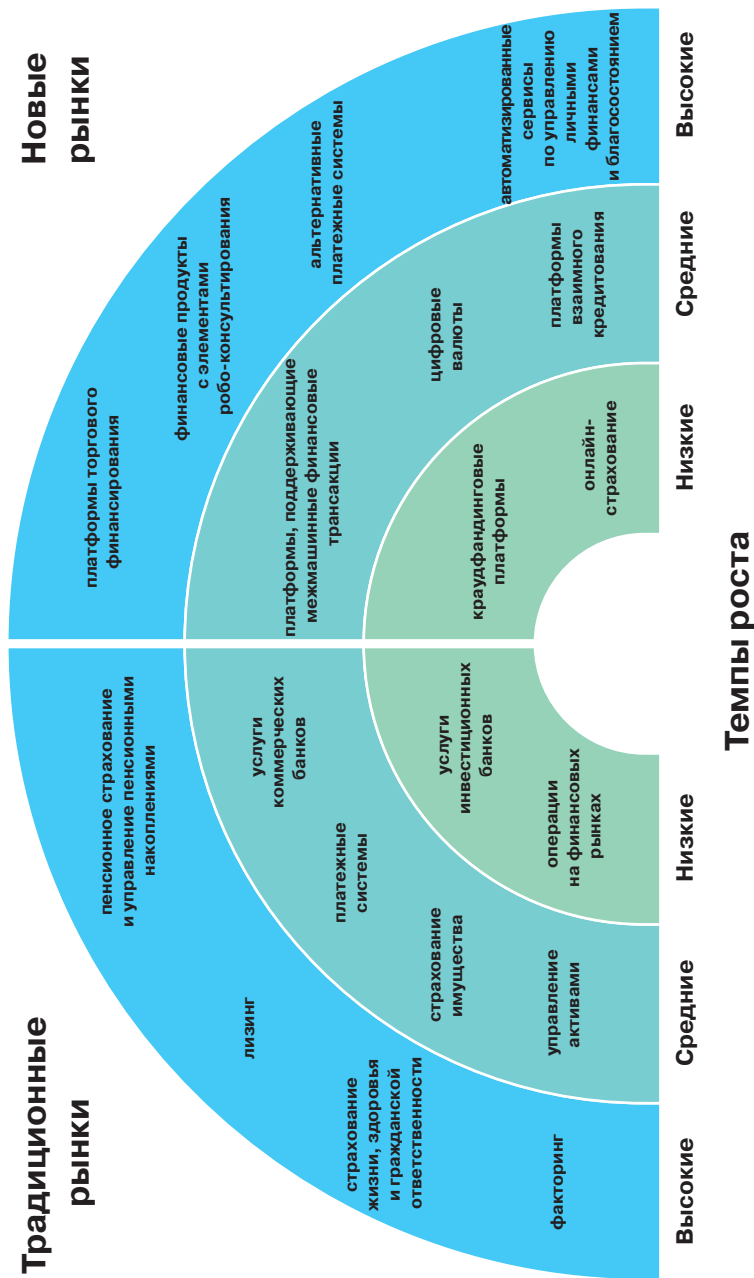
В среднесрочном периоде — ускорение обращения денег за счет распространения финансовых технологий, влияющее на рост экономики; снижение издержек на финансовую инфраструктуру; предоставление широкого спектра финансовых услуг для малого и среднего бизнеса в рамках цифровых платформ; развитие облачных технологий и технологий открытых интерфейсов (Application Programming Interface, API) в финансовом секторе для приложений и процессов как сервисов (Infrastructure as a Service; Software as a Service; Platform as a Service и др.); распространение технологий телематики для страхования и технологий финансирования торговли.

В долгосрочном периоде — рост эффективности в промышленности и сфере услуг за счет перехода на системы управления и проведения финансовых транзакций на базе облачных платформ, «интернета вещей» и распределенного реестра; глобализация финансовых услуг и снижение издержек на движение капитала между странами.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — низкая активность населения на финансовом рынке; недостаточная степень охвата территории поставщиками финансовых услуг (нехватка банкоматов и платежных терминалов); барьеры для иностранного капитала и технологий внутри страны, ограничения доступа российских участников на внешние рынки капитала; более «жесткое» регулирование сектора по сравнению с другими странами как фактор оттока капитала; повышение регуляторной нагрузки на финансовые компании; нехватка квалифицированных кадров, обладающих необходимыми компетенциями для внедрения финансовых технологий; банкрот-

Рис. 17. Традиционные и новые рынки для финансового сектора



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.



ство крупных банков, исчерпание фонда гарантирования вкладов, продление моратория на отчисление пенсионных накоплений, дефицит средств Пенсионного фонда.

В среднесрочном периоде — высокие риски использования автоматизированных систем для устойчивости финансовых организаций и рынков; увеличение потенциального ущерба от реализации операционных рисков (частота ошибок систем при этом может снизиться); усиление рыночных рисков (повышение волатильности финансовых рынков, аккумулярование рисков в менее регулируемых сегментах); рост киберпреступности в результате распространения мобильных сервисов.

В долгосрочном периоде — исчезновение или кардинальная трансформация ряда профессий в сфере финансов (работники операционно-учетных подразделений, финансовые консультанты, управляющие активами, брокеры, актуарии); снижение устойчивости финансовой системы в результате исчезновения традиционного банковского сектора и резкого повышения скорости обращения денег.

### 3.14. Здравоохранение и фармацевтика

#### Здравоохранение

Сектор занимает ключевое место в социально-экономической сфере любого государства. Однако его вклад в ВВП в России (5,8%) ниже, чем в странах ОЭСР (6,5%), Западной Европы (7,9%). Степень износа основных фондов в секторе составляет 52,7% — один из самых высоких показателей среди всех видов экономической деятельности, что в первую очередь связано с плачевным состоянием больничной инфраструктуры.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"><li>• Старение населения (удельный вес людей старше трудоспособного возраста в России вырастет с 25% в 2017 г. до 29% в 2035 г.); увеличение доли хронических болезней в структуре заболеваемости стимулирует спрос на инновационные технологии для повышения качества жизни</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Недостаточный уровень квалификации медицинских кадров: доля россиян, недовольных профессиональным уровнем врачей, выросла с 56% в 2008 г. до 63% в 2017 г.</li><li>• Низкий уровень оплаты труда медицинских работников, ухудшение их мотивации; практика неформальных платежей; трудовая ми-</li></ul>

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Растущая популярность здорового образа жизни</li> <li>• Развитие частного здравоохранения; рост конкуренции между частными и государственными учреждениями, в том числе в рамках системы обязательного медицинского страхования</li> <li>• Развитие трехуровневой системы оказания медицинской помощи, позволяющей эффективно распределить доступные ресурсы между различными типами медицинских учреждений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• грация квалифицированных врачей за границу</li> <li>• Низкий уровень финансирования биомедицинских ИР: затраты предпринимательского сектора на ИР в области биотехнологий составили всего 223 млн долл., в США — 38,6 млрд долл.</li> <li>• Недостаточное внимание к поведенческим, экологическим и другим факторам, обуславливающим высокий уровень предотвратимой смертности</li> <li>• Недоверие населения к «официальной» медицине и склонность к самолечению (заболевания диагностируются на поздней стадии, снижаются шансы на излечение, растет стоимость терапии)</li> <li>• Ограничения на ввоз и вывоз за рубеж биологического материала человеческого происхождения, препятствующие развитию клеточных технологий, международной кооперации</li> </ul>

## Фармацевтика

Объем внутреннего рынка фармацевтической промышленности в России сокращается (в 2016 г. — 14-е место в мире). Доля государственных закупок лекарств также снижается (25%). Порядка 70% стоимостного объема фармацевтического рынка приходится на импортные лекарственные препараты. Государственное регулирование цен делает нерентабельным производство дешевых медикаментов из перечня жизненно необходимых (ЖНВЛП), поэтому фармацевтические компании сворачивают их выпуск. Не отрегулирован порядок вывода на рынок высокоэффективных лекарственных препаратов при помощи таких механизмов, как приоритетная регистрация отечественных лекарств, обеспечение раннего доступа на рынок препаратов с выработанными терапевтическими преимуществами с возможностью

завершения клинических исследований в пострегистрационном периоде и др.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Введение в 2015 г. ограничений на участие в госзакупках зарубежных фармацевтических компаний и планируемое внедрение трехэтапной конкурентной процедуры госзакупок; необходимость развития производств полного цикла, использующих отечественные субстанции</li> <li>• Стимулирование локализации в целях увеличения доли отечественных фармацевтических субстанций</li> <li>• Запуск автоматизированной системы мониторинга движения и маркировки лекарств; сокращение рынка контрафактной продукции</li> <li>• Реализация государственной программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности»; появление новых производственных площадок по выпуску лекарственных препаратов</li> <li>• Внедрение принципов лекарственного страхования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкая конкурентоспособность и востребованность российских лекарств</li> <li>• Длительность и высокая стоимость разработки лекарственных средств (длительные циклы проведения ИР, сложность планирования появления прорывных результатов, высокая стоимость инновационных лекарственных средств). Доля дженериков в общем объеме отечественных и импортных лекарств на российском рынке доходит до 90%</li> <li>• Девальвация рубля и существенный рост цен на лекарства; падение платежеспособного спроса, изменение структуры потребления</li> <li>• Недостаточное число соответствующих мировым стандартам баз для доклинических и клинических исследований. Для выхода отечественных медикаментов на мировой рынок требуется проведение дополнительных испытаний</li> <li>• Слабая синхронизация между отдельными ведомствами и компаниями-производителями при заказе на готовые лекарства и планировании ИР</li> <li>• Значительные расходы на природоохранные мероприятия</li> </ul>

### Глобальные тренды

Развитие здравоохранения будет идти по принципу пациентоориентированности. Человек станет активным участником системы здравоохранения, сможет самостоятельно использовать средства мониторинга показателей здоровья и выявления первых

признаков болезни. В долгосрочной перспективе ожидается постепенное сращивание фармацевтического и медико-биологического сегментов, активное использование биотехнологий для создания новых лекарственных средств и медицинских технологий. Ускоренное развитие геномики, протеомики, метаболомики, эпигеномики и фармакономики будет стимулировать переход к «4П-медицине» — предиктивной, превентивной, партисипативной, персонализированной. Станет доступен всеобщий скрининг новорожденных на множество наследственных заболеваний, что приведет к предупреждению патологий, развитию «точной» медицины, кардинальному снижению уровня заболеваемости. Развитие центров трансляционной медицины обеспечит быстрое внедрение прорывных технологий в клиническую практику, изучение лекарственных средств и медицинских изделий на основе данных, полученных из реальной практики их применения (real world evidence). Ожидается, что доля лечения в структуре суммарных мировых расходов на здравоохранение сократится до половины при масштабировании сегментов профилактики, диагностики и мониторинга.

Прогресс ИКТ даст импульс развитию электронного здравоохранения. Будут разработаны универсальные форматы обмена и интеграции данных из разных источников (электронные истории болезни, записи электронных рецептов, информация о движении препаратов в пределах дистрибьюторской цепи, сведения страховых компаний), в том числе в пределах Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения. Появится единая система регистрации и ведения пациентов (в том числе с использованием технологий распределенного реестра), позволяющая оптимизировать использование доступных ресурсов. Все большее количество медицинских процедур будут роботизированы. Внедрение телемедицинских технологий снизит нагрузку на лечебные учреждения и затраты на оказание медицинской помощи, повысит ее качество и доступность. Распределенные высокопроизводительные вычислительные системы, технологии больших данных будут использоваться для моделирования при разработке, оценке эффективности и безопасности новых лекарственных средств и медицинских изделий, что удешевит и ускорит этот процесс. Новые портативные и простые системы мониторинга и контроля функций органов и систем будут способствовать развитию «домашней» медицины; постоянный мониторинг различных параметров организма обеспечит снижение

уровня смертности и заболеваемости за счет выявления заболевания на доклинической стадии, а в случае экстренной необходимости — установления связи с врачом. Применение технологий искусственного интеллекта для анализа массивов данных о здоровье населения позволит создать эффективные системы принятия врачебных решений. Интенсивное развитие нейротехнологий (нейропротезирование, нейромодуляция, нейрокоммуникация) расширит возможности восстановления функций людей с ограниченными возможностями.

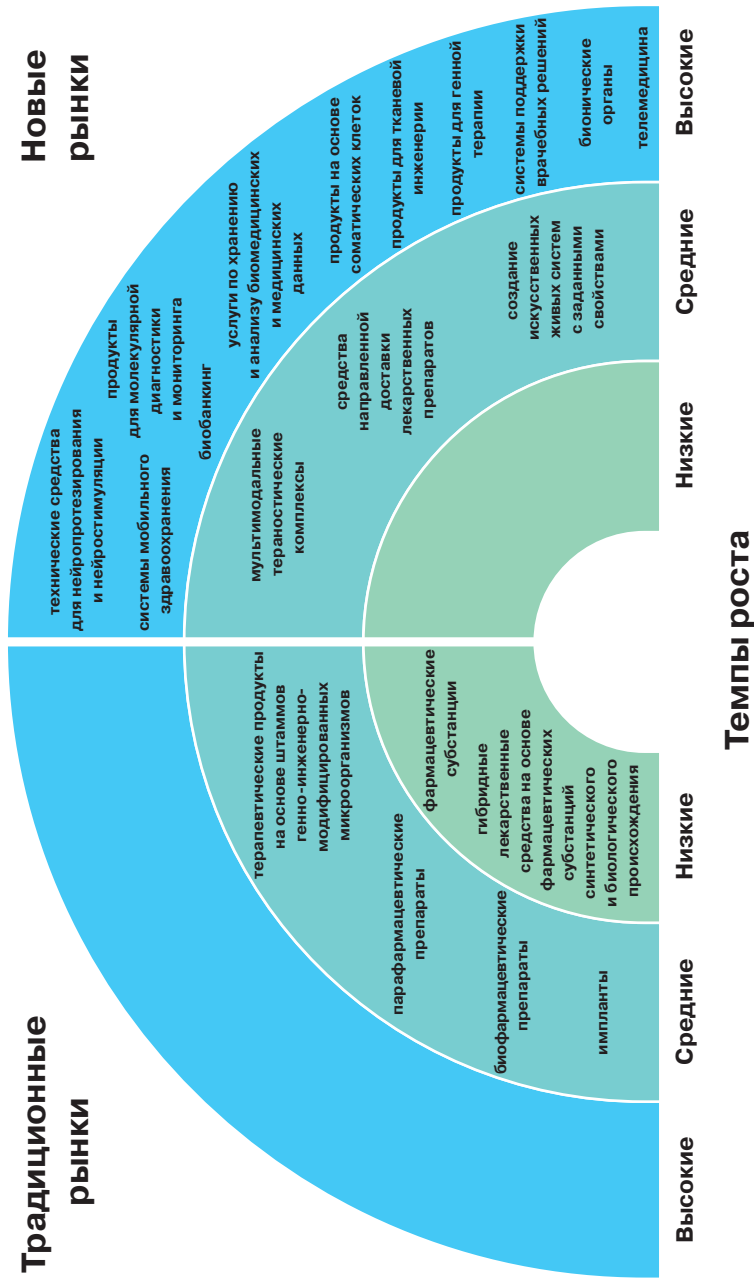
### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — снижение смертности от социально значимых заболеваний; увеличение продолжительности жизни, в том числе здоровой жизни; создание новых методов терапии на основе клеточных и тканевых биомедицинских технологий, в том числе направленной регуляции клеточной дифференцировки; разработка технологий направленной доставки лекарственных средств; повышение прецизионности лучевых и инвазивных вмешательств; создание новых, более точных, массовых методов диагностики; усиление спроса на персонализированное питание; повышение работоспособности и безопасности деятельности человека за счет внедрения систем постоянного мониторинга состояния здоровья.

В среднесрочном периоде — разработка технологий для персонализированной медицины; создание лекарственных средств на основе новых данных о роли микробиома в жизнедеятельности человека; развитие молекулярной медицины; возможность прижизненной визуализации структурно и функционально измененных клеток и отдельных биологических молекул; развитие технологий редактирования генома; увеличение разрешающей способности медицинских приборов и оборудования; производство биоматериалов с новыми свойствами; радикальное повышение эффективности технологий управления большими биологическими и медицинскими данными; развитие технологического и нормативного обеспечения электронного здравоохранения, системы био-банкинга; решение этических вопросов разработки и применения биомедицинских технологий, использования с исследовательской целью человеческих эмбрионов; институциональная интеграция и глобализация доказательной медицины.

В долгосрочном периоде — развитие нейронаук и нейротехнологий; устойчивый спрос на обеспечение жизнедеятельности

**Рис. 18.** Традиционные и новые рынки для сектора здравоохранения и фармацевтики



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

в экстремальных условиях; массовое производство электронных аналогов органов чувств; распространение технологий превентивной медицины.

### Угрозы

В краткосрочном периоде — высокие пандемические риски, а также предотвратимая смертность от внешних причин (травм и проч.); рост заболеваемости и распространенности ряда инфекционных заболеваний с длительным течением (ВИЧ-инфекция, вирусных гепатитов); увеличение уровня потребления алкоголя; широкое применение антибиотиков в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, повышение уровня невосприимчивости к противомикробным препаратам.

В среднесрочном периоде — изменение структуры заболеваемости в сторону хронических болезней, рост их социального и экономического бремени; увеличение доли лиц с наследственными заболеваниями, инвалидов, лиц с отклонениями и задержкой развития, психическими расстройствами, их вовлечение в репродуктивные процессы; сохранение высокой стоимости оказания медицинской помощи; нерешенные вопросы биобезопасности, связанные с распространением новых технологий (редактирование генома, искусственные биологические объекты и живые системы, нейротехнологии); дефицит квалифицированных кадров.

В долгосрочном периоде — старение населения; замедление или прекращение темпов роста затрат на здравоохранение; риск технологической стагнации в области биомедицинской науки; неконтролируемое распространение биомедицинских технологий, в том числе из-за развития «гаражной биологии»; возможное ужесточение правил регистрации и распространения новых медицинских технологий; усиление неблагоприятного влияния климатических факторов на здоровье населения.

### 3.15. Торговля

Торговля — внутренняя (оптовая и розничная) и внешняя (импорт, экспорт и транзит) — лидирует среди секторов российской экономики по количеству созданных рабочих мест (около 18% занятого населения страны). Отрасль достаточно устойчива к рискам и колебаниям экономической конъюнктуры. Основной проблемой, лимитирующей рост оборота торговых организаций, является снижение реальных доходов населения и переход до-

машинных хозяйств на избирательно-сберегательную модель потребления.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Восстановление потребительского спроса в условиях роста доходов населения и активизации потребительского кредитования; постепенный отказ от сберегательной модели поведения; наращивание доли продаж в общем объеме товарооборота</li> <li>• Экспансия торговых сетей (объем их выручки растет быстрее оборота розничной торговли в целом); распространение современных форматов торговли</li> <li>• Создание системы высокотехнологичных сервисов и логистических услуг, организация торговых точек в городах и в сельской местности в целях обеспечения широкого круга производителей возможностями для реализации продовольственных и промышленных товаров</li> <li>• Использование предиктивной бизнес-аналитики для анализа потребительского поведения</li> <li>• Развитие торговой инфраструктуры (многообразие и гибкость торговых форматов, ориентированных на клиентов)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неблагоприятная внешняя конъюнктура; низкий потребительский спрос; изменения в структуре потребления</li> <li>• Режим продуктового эмбарго: несмотря на политику импортозамещения, российским производителям пищевой продукции не удалось восполнить ассортиментную матрицу по многим товарным позициям, ранее поставляемым из-за рубежа</li> <li>• Отсутствие развитого стрит-ритейла; высокие арендные ставки торговых площадей</li> <li>• Усиление контроля государства над отраслью (торговые сборы, увеличение налога на малый бизнес, право контролирующих органов на проведение проверок без предупреждения); рост издержек торговых предприятий; сохранение «серых» торговых точек</li> <li>• Распространение трансграничной торговли; «беспошлинное» и безналоговое поступление товаров на территорию России</li> <li>• Территориальный «цифровой разрыв»: слабое распространение интернета в сельской местности сдерживает развитие электронной коммерции в рамках моделей B2C, B2B, C2C</li> </ul>

### Глобальные тренды

Трансформация сектора продиктована ускоряющимся ритмом жизни и повышенными запросами потребителей (относящимися к скорости, удобству покупки, качеству товара). Расширится ис-



пользование новых технологий электронной коммерции (например, чат-ботов и других сервисов для обслуживания покупателей) и интернет-площадок (маркетплейсов и платформ, в рамках которых произойдет интеграция традиционного ритейла с онлайн-торговлей, логистикой и обработкой данных).

Усилится тенденция омниканальности, направленная на получение максимальной информации от пользователя по всем возможным каналам (геолокация, социальные сети и др.). Потребительские предпочтения будут изучаться на основе технологий больших данных. Процесс покупки изменится за счет внедрения технологий виртуальной реальности (зеркала и примерочные, голография и дополненная реальность, видеостены и др.), 3D-печати (принтеры для печати товаров), использования расчетов с помощью мобильного телефона или по отпечатку пальца.

В основе реорганизации логистики — технологии «интернета вещей» и создания «умных» складов, позволяющие контролировать целостность товара, гарантировать доставку покупателю и т.д. Усилятся локальные и международные логистические связи, в том числе за счет создания интернет-площадок для трансграничной торговли.

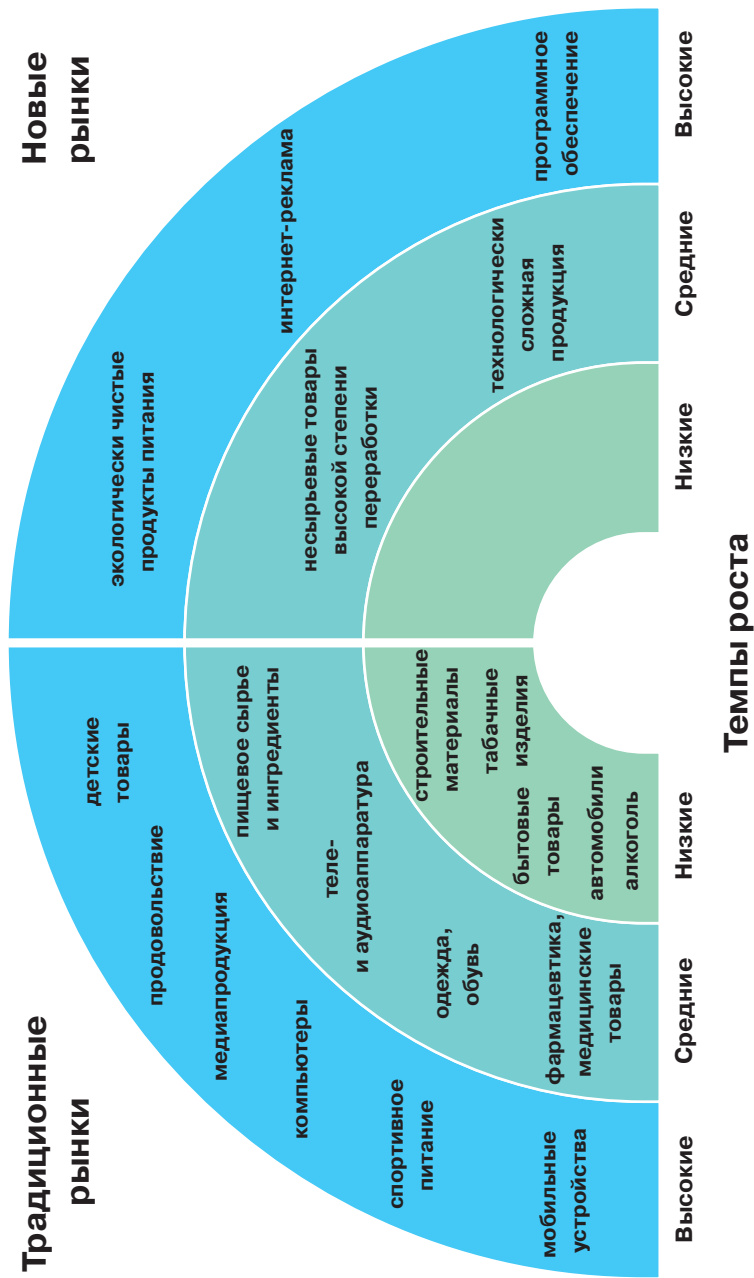
На фоне автоматизации и цифровизации ожидается глубокая трансформация на рынке труда, связанная с высвобождением административного и низкоквалифицированного персонала — курьеров, продавцов, торговых представителей, кассиров. Работа менеджеров по закупкам будет основываться на сервисах по управлению запасами товаров (Vendor-managed Inventory). Различные устройства на базе технологий искусственного интеллекта, отслеживающие уровень спроса и другие показатели, позволят повысить эффективность работы магазинов, снижая издержки на персонал.

Ключевым трендом на рынке крупного ритейла станет консолидация сетей, укрепление положения крупных сетевых игроков. Одновременно будет наблюдаться рост продаж товаров собственных торговых марок.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — урегулирование деструктивных процессов во внешнеэкономических торговых отношениях; усиление мультимедийности сетей; увеличение доли онлайн-торговли; развитие национальных маркетплейсов, автоматизации торгового процесса (технологические торговые пространства).

Рис. 19. Традиционные и новые рынки для сектора розничной торговли



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В среднесрочном периоде — ускорение процесса импортозамещения и рост доли российских товаров; развитие омниканальной модели продаж, CRM-маркетинга для сопутствующих товаров; рост экспорта товаров с высокой добавленной стоимостью на основе собственных технологий, потребительского спроса на товары, созданные на основе «зеленых» технологий; массовое распространение мобильного ритейла, безналичного ритейла и «невидимых» покупок.

В долгосрочном периоде — переход торговли на формат выставочных залов (шоу-румов), цифровых торговых пространств (виртуальные стены, сенсорные зеркала, студии дизайна товаров); создание систем управления торговым процессом и пространством на основе технологий искусственного интеллекта; роботизация складов; повышение уровня кастомизации товаров, в том числе за счет технологий клейтроники.

### **Угрозы**

В краткосрочном периоде — сохранение высокой доли импорта в общем объеме товарооборота; сохранение низкого вклада интернет-торговли в товарооборот; усиление конкуренции со стороны активно развивающихся китайских маркетплейсов; низкий уровень инвестиций в новые технологии.

В среднесрочном периоде — нарастание протекционизма в международной торговой политике и угрозы возведения новых торговых барьеров; рост рисков киберпреступности в сфере онлайн-торговли; низкая скорость внедрения новых технологий (искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности и др.); регуляторные ограничения на логистические решения с использованием беспилотных летательных аппаратов.

В долгосрочном периоде — усиление структурной безработицы, вызванное внедрением новых технологий; сохранение низкой динамики устранения регионального «цифрового разрыва»; отставание в уровне развития фулфилмент-сервисов.

## **3.16. Государственное управление**

Государственное управление — деятельность всех органов власти по реализации возложенных на них полномочий — включает решение вопросов обороны и национальной безопасности, экономического и социального развития, внешней политики, связи и транспорта, здравоохранения и образования. На общегосудар-

ственные расходы из бюджета Российской Федерации ежегодно тратится более 1 трлн руб., еще около 700 млрд руб. расходуется из бюджетов регионов. Вклад сектора в ВВП — 17,4% (в США — 14,4%, Китае — 13,9%). Реализация административной реформы позволила добиться существенных изменений в сфере государственного управления. Уровень централизации и масштаб электронного правительства не имеют аналогов в мировой практике среди государств сопоставимой численности и схожего типа территориального устройства. Цифровые технологии получили распространение лишь частично: фиксация нарушений, сбор ФНС России данных онлайн-касс и др. Дистанционные проверки позволяют бизнесу избежать прямого контакта с проверяющей стороной, фиксировать и верифицировать все этапы и результаты проверок.

Факторы развития	Сдерживающие факторы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Целенаправленная поддержка перспективных технологий в ИКТ-отрасли; реализация проектов, связанных с кибербезопасностью, технологиями искусственного интеллекта, облачными вычислениями, развертыванием емких каналов связи, аналитикой больших данных, в том числе в рамках программы «Цифровая экономика Российской Федерации»</li> <li>• Развитие спроса на ИТ-продукты со стороны государства (федеральные органы власти потратили на ИКТ в 2016 г. — 109,6 млрд руб., а органы государственной власти субъектов Российской Федерации — 77,9 млрд руб.)</li> <li>• Переход к платформенному управлению, новому уровню интеграции информационных ресурсов органов власти</li> <li>• Распространение интернета, компьютерной грамотности и рост популярности интеллектуальных устройств (гаджетов); увеличение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пересмотр роли и функционала органов власти: ряд технологий (блокчейн, платежные инструменты, М2М) предполагают прямое взаимодействие сторон без участия государства. Органы власти могут сопротивляться потере привычной функции арбитра и/или регулятора. Большую часть операционного функционала государства могут взять на себя новые технологии</li> <li>• Проблемы реализации политики импортозамещения, а также создания на собственной технологической базе инфраструктуры цифрового государства, включая замену информационных систем и аппаратного обеспечения, требуют значительных временных и финансовых ресурсов</li> <li>• Недостаток квалифицированных кадров; дефицит специалистов по анализу больших данных, работе с технологиями искусственного интеллекта, инженеров по развертыванию и обслуживанию центров обработки данных</li> </ul>

<p>спроса со стороны общества на государственные цифровые продукты и услуги</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Угрозы киберпреступлений, несанкционированного доступа к цифровым государственным данным (персональным данным, представляющим государственную тайну, или данным для служебного пользования и др.)</li> <li>• Высокая стоимость перевода данных в цифровой вид, их очистки, исправления ошибок: во многих ведомствах накоплены большие бумажные архивы (например, Росреестр), и только небольшая часть данных хранится в электронном виде</li> <li>• Масштабность и сложность процессов технологической интеграции (вертикальная интеграция государственных информационных систем по всем секторам государственного управления и по всем регионам, у которых существует банк собственных решений)</li> </ul>
---	--

## Глобальные тренды

Развитие государственного управления будет проходить в рамках концепций «умного» правительства, консолидированных услуг, а также в русле повышения роли негосударственных организаций (социальных предприятий, частных корпораций) как партнеров государства по разработке и предоставлению государственных услуг. Государственные организации становятся лишь одним из провайдеров услуг, будут выполнять роль арбитра, контролирующего обслуживание на смешанной основе и гарантирующего его качество. Ключевой тренд — платформенное управление для предоставления «консолидированных» (объединяющих государственные, коммерческие и некоммерческие сервисы) персонифицированных (под конкретного заявителя) услуг. Особое значение имеет появление таких платформ в образовании, науке, на рынке интеллектуальной собственности, в креативных индустриях.

Предиктивное моделирование и иные типы анализа больших данных позволят государству сконцентрировать усилия на предупреждении, профилактике проблем, формировании превентив-

ных решений, а не на реактивном реагировании. Проактивными станут система оказания государственных услуг и система дистанционной контрольно-надзорной деятельности, оценки регулирующего и фактического воздействия.

Происходит переход от автоматизации административных процессов органов власти и подведомственных им учреждений к цифровизации государства. Возрастает значимость алгоритмов машинного обучения, позволяющих органам власти извлекать дополнительную ценность из массивов данных, которые ранее не находили практического применения. Принцип «нулевой терпимости» к ошибкам адресуется в качестве требования и к государственным сервисам, и к государственным данным, которые должны быть полностью переведены в цифровой вид.

На основе постоянного, объективного и дистанционного наблюдения (технологий компьютерного зрения, «интернета вещей») будут развиваться новые системы контроля. Государству предстоит на системной основе (но при этом достаточно оперативно) принимать новый комплекс нормативных правовых изменений для адаптации пула новых цифровых технологий.

Распространение облачных систем управления административными процессами изменит государственные системы учета и контроля. Алгоритмы работы с большими данными, развернутые в облаках значительной вычислительной мощности, позволят государству использовать новые финансовые технологии, направленные на создание гибких технологий государственного финансирования, в целях партнерской поддержки инфраструктурных проектов. Технологии динамического ценообразования и оплаты ровно за потребленное количество общественного блага заменят устаревшие финансовые схемы доцифровой эпохи, обеспечат баланс спроса и предложения в отношении перегруженных общественных благ.

В будущем в сфере государственной службы будет превалировать проектный подход без закрепления постоянной должностной функции, но с фиксацией достижений, определяющих карьерные возможности, на основе распределенных реестров. Технологии искусственного интеллекта позволят заместить часть сотрудников, выполняющих рутинные обязанности. Централизованные службы управления кадрами будут отбирать и продвигать сотрудников на основе их репутационного капитала. Государство сформирует эффективные кадровые резервы, которые могут включать также партнеров (сотрудников, работающих с государственными органи-

зациями, подрядчиков государства, отдельных экспертов). С учетом этого границы государственной службы будут размываться.

Сервисы государственных услуг будут ориентированы на различные слои общества, обладающие разными знаниями, умениями и навыками взаимодействия. Рост неравенства в доходах предъявляет дополнительные требования к качеству и разнообразию услуг в сфере социальной защиты. Старение населения обуславливает разработку новых стандартов качества услуг, упрощение порядка предоставления. Миграция потребует больших усилий по учету движения населения, его занятости, предпочтений отдельных национальных групп.

Быстрая урбанизация ведет к формированию мегагородов — крупнейшей агломераций, в которых проживает подавляющее большинство населения. Существенно увеличивается нагрузка на городские инфраструктуры, растет необходимость бюджетной консолидации за счет снижения себестоимости публичных услуг, возрастает опасность и величина последствий техногенных катастроф в мегагородах и агломерациях. Усилится роль муниципального звена публичного управления. На уровне крупнейших агломераций будет реализована многослойная архитектура «умного» города, включающая транспортную инфраструктуру (сети передачи данных, датчики «интернета вещей»), систему сбора, хранения, анализа больших данных по отраслям городской жизни, систему визуализации, планирования и прогнозирования развития городов, основанную на данных, платформу совместного участия горожан в выработке политики, разработке новых сервисов и приложений, краудфандинге и краудсорсинге.

Очевидным трендом является глобализация, которая будет размывать национальные юрисдикции, усиливать их конкуренцию. Внутреннее регулирование будет находиться под существенным давлением международных регламентов.

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — развитие и внедрение платформенных решений в государственном управлении, включая государственные услуги, закупки, дистанционное осуществление контрольно-надзорной деятельности (проверки, осмотры, обследования); развитие речевых технологий, API- и BPM-технологий проектирования и управления бизнес-процессами, облачного хранения данных, приложений и информационных систем, инфраструктуры «интернета вещей»; распространение систем па-

раллельной обработки данных; распространение технологий и программ «интернета человека».

В среднесрочном периоде — развитие технологии дистанционной (в частности, биометрической) идентификации и аутентификации; построение прогнозных моделей на основе предиктивной аналитики больших данных с целью эффективного государственного планирования и программирования; персонификация государственных услуг с применением технологий искусственного интеллекта; реализация учетных государственных систем на основе технологии блокчейн; распространение систем обработки естественного языка и глубокого обучения.

В долгосрочном периоде — формирование системы интеллектуальных помощников, замещающих функционал государственных служащих на основе машинного обучения и данных из инфраструктуры «интернета вещей»; переход крупных городов на «умные» инфраструктуры на основе «всеобъемлющего интернета» и «интернета человека»; создание интеллектуальных взаимодействующих систем, внедрение автоматического контроля и эффективного расчета при реализации прав граждан на социальные выплаты, пенсию, социальное страхование, получение услуг в сфере здравоохранения и образования; принятие государственных решений на основе алгоритмов искусственного интеллекта без участия человека.

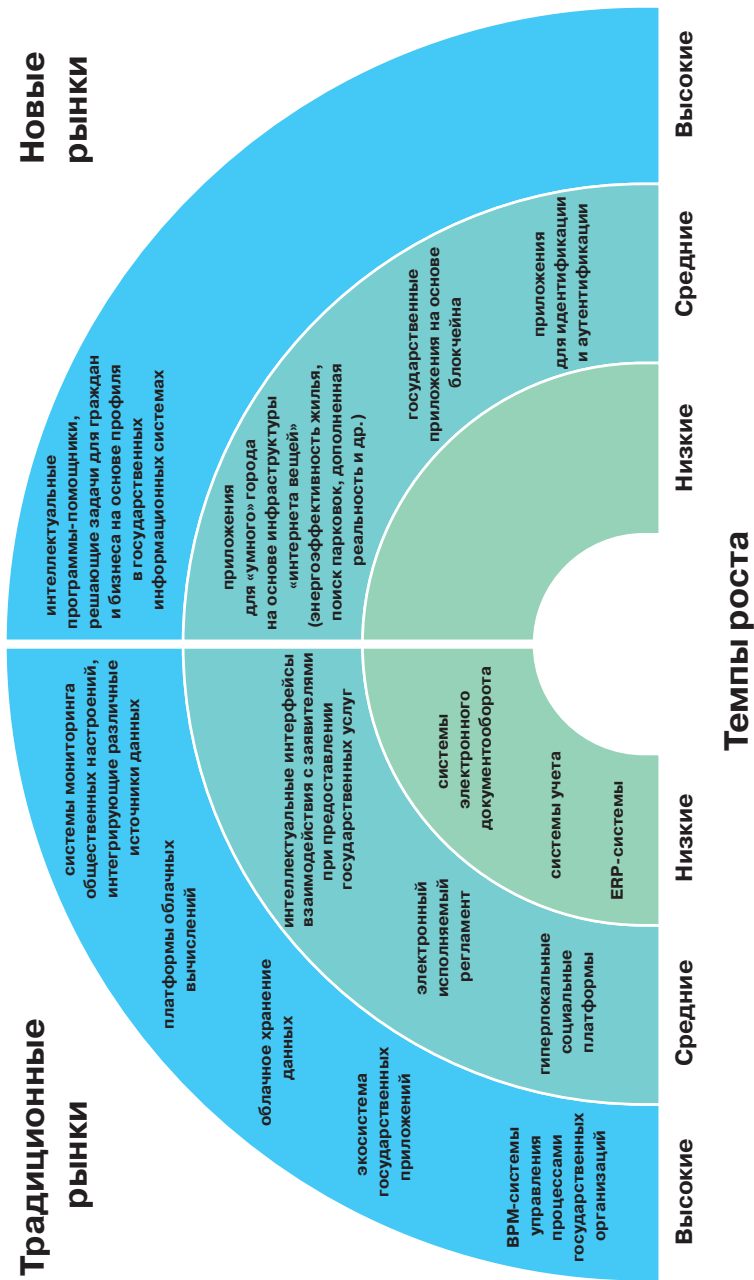
## Угрозы

В краткосрочном периоде — нарушение баланса безопасности и личной свободы; увеличение отставания в использовании экспертных систем в принятии решений; нарастание проблем киберпреступности и терроризма; рост стоимости перевода бумажных архивов в электронный вид, затрат на исправление ошибок в данных о гражданах и организациях, хранящихся в информационных системах государства.

В среднесрочном периоде — рост цифрового неравенства; недостаток квалифицированных кадров, имеющих опыт проектной работы, внедрения и использования информационных технологий в управлении и оказании услуг, применения методологии доказательной государственной политики и анализа затраты/выгоды; отставание в переходе на технологии блокчейн; потеря конкурентоспособности российской юрисдикции; невозможность гарантировать безопасность и сохранность персональных данных граждан и организаций.



Рис. 20. Традиционные и новые рынки для сектора государственного управления



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В долгосрочном периоде — отставание в использовании больших данных при проведении мониторинга государственных услуг, в скорости распространения технологий искусственного интеллекта в государственном управлении; рост затрат, связанных с созданием и поддержанием инфраструктуры «умного» правительства; рост самостоятельности карьерного корпуса бюрократии (риск выхода высокопрофессиональной и технологичной прослойки бюрократии из-под политического контроля и влияния).

## **4. Направления научно-технологического развития**

### **4.1. Платформенные (сквозные) технологии**

Форсированное научно-технологическое развитие России требует разработки как платформенных (сквозных) технологий, обладающих значительным мультипликативным потенциалом, так и целевых направлений, составляющих основу российской экономики и ориентированных на решение важнейших социально-экономических задач. Учет действия глобальных трендов в сочетании с ожидаемым спросом на новые технологии со стороны секторов экономики позволил сформировать перспективные направления научно-технологического развития, которые представлены в докладе в виде трехуровневой иерархической структуры.

#### **Информационно-коммуникационные технологии**

ИКТ носят межотраслевой характер и обеспечивают цифровую трансформацию всех секторов экономики и социальной сферы, формирование сетевой экономики и экономики совместного потребления. Происходит виртуализация многих сфер деятельности, включая оказание финансовых и медицинских услуг. Переходит в цифровое пространство взаимодействие органов власти с бизнесом и населением. Стремительное развитие иммерсивных технологий, создающих эффект погружения в искусственно сформированные условия, приведет к преобразованию многих отраслей, в первую очередь науки, образования, индустрии развлечений, туризма. Быстрый и повсеместный доступ к интернету меняет общественные и индивидуальные ценности, образ жизни, формы коммуникации и социализации, повышает мобильность населе-

ния, нивелирует социальное неравенство, стирает национальные и религиозные особенности. Технологии машинного обучения и искусственного интеллекта способствуют решению как рутинных, так и сложнейших задач, где они могут полностью заменить человека, причем даже в тех сферах, которые, как считалось ранее, не подлежат автоматизации, например, в исследовательской и иной творческой деятельности.

В области ИКТ выделено несколько перспективных направлений научных исследований.

#### *Высокопроизводительные вычислительные архитектуры и системы*

Суперкомпьютеры и центры обработки данных уже сегодня объединяют функции хранения, обработки и передачи больших потоков информации, в том числе в режиме реального времени. С увеличением объема данных возрастает потребность в перспективных архитектурах распределенных систем их бессрочного хранения с контролем доступа. Прорывные решения с применением компонентной базы новых поколений в суперкомпьютерных системах (в том числе с применением не-неймановских архитектур) будут использоваться в области решения задач криптографии и предсказательного моделирования, включая прогноз климата и состояния экосистем, создания цифровых двойников физических объектов и процессов, в том числе персонального цифрового двойника человека. Виртуализация систем хранения и сетевых функций приведет к повышению надежности, безопасности предоставляемых ИКТ-услуг, а отсутствие необходимости формирования и поддержки собственной инфраструктуры снизит издержки для бизнеса.

#### *Технологии и коммуникационные инфраструктуры высокоскоростной передачи данных*

Развитие телекоммуникационных технологий направлено в первую очередь на достижение высоких скоростей передачи информации в сетях и обеспечение «бесшовной» передачи данных в аппаратных и виртуальных средах. Вследствие этого интенсифицируются исследования в сфере архитектур и компонентной базы оптических сетей, передачи информации и взаимодействия различных сетевых оптических устройств без преобразования сигналов в электрическую форму. Совершенствование технологий передачи данных как по магистральным волоконно-оптиче-

ским, так и по беспроводным каналам приведет к трансформации многоуровневой модели открытых сетей, что даст импульс дальнейшему развитию цифровой экономики, формированию ключевых производственных платформ (например, на базе «интернета вещей») и виртуализации рабочих мест. Открытые сети обеспечат повышение уровня прозрачности и управляемости систем, оптимизацию трафика, сбор статистики о работе в реальном времени и возможность проактивного анализа их состояния и изменения конфигураций.

#### *Технологии интеллектуального анализа данных*

Увеличивающиеся темпы роста объемов цифрового контента требуют использования принципиально иных технологий анализа данных, основанных на методах и алгоритмах машинного обучения, которые позволяют оптимизировать процессы распознавания речи и образов, обнаружения опасных объектов, принятия решений и др. Интенсивно развиваются методы создания информационных систем на основе концепции связанных открытых данных, предполагающей формирование единой информационной среды. Все большее значение приобретают методы интеллектуального анализа полуструктурированной информации, в частности, больших и сверхбольших массивов текстовых данных на базе ситуационного анализа и математических моделей. Основой для методов высокопроизводительного семантического анализа становятся не отдельные слова, а смыслы, представленные в связном тексте, что открывает возможности для эффективного решения многих прикладных задач, включая фильтрацию контента, автоматическую подготовку текстов, извлечение целевой информации. Появляется возможность осуществлять машинный перевод в режиме реального времени, что решит проблему языкового барьера, позволит свободно общаться, делиться мнениями и идеями людям из разных стран. Системы распознавания лиц и образов будут в наибольшей степени востребованы в области обеспечения безопасности при идентификации личности, поиске пропавших людей, розыске преступников.

#### *Технологии человеко-машинного взаимодействия, нейрокогнитивные технологии*

Широкое распространение всепроникающих, интерактивных, персонализированных, высокоскоростных сетей и разнообразных клиентских устройств обуславливает прогресс в области взаимодействия людей и машин. Внедрение человеко-машинных интер-

фейсов стимулирует дальнейшую автоматизацию производственных процессов, что, в свою очередь, обеспечивает повышение производительности труда, улучшение качества продукции, а также возможность устранения человека от производств, опасных для здоровья. Происходит объединение таких устройств с технологиями дополненной реальности, включая методы компьютерного зрения, построения сложных трехмерных сцен в режиме реального времени. Интерфейсы «мозг — компьютер», предполагающие обработку электрических сигналов с коры головного мозга и их передачу на компьютер и различные исполнительные устройства, будут использоваться, в частности, для восстановления утраченных функций организма людей с ограниченными возможностями. В долгосрочной перспективе станет возможным мысленное управление различными устройствами и связь с другими людьми с помощью вживляемых приемо-передающих устройств.

#### *Технологии информационной безопасности*

Высокая степень проникновения информационных технологий в жизнь современного человека диктует повышенные требования к обеспечению информационной безопасности, при этом происходит смещение фокуса кибербезопасности от корпоративного сегмента к персональному. Особое значение приобретают исследования и разработки в области прототипов защищенных линий связи нового поколения, основанных на квантовых эффектах кодирования и передачи информации, и компонентной базы для таких линий, а также постквантовой криптографии. Создание функционально полного набора методов и средств защиты облачных систем (защищенные хранилища, анонимный поиск) определит будущее развитие киберфизических систем и систем «интернета вещей». Распространение бизнес-систем, функционирующих с использованием мобильных устройств, RFID-меток, потребует новых методов защиты информации, основанных на использовании вычислительно слабых устройств, методов «легкой» криптографии. Многие информационные системы будут построены на базе методов и технологий доверенных распределенных реестров (блокчейн) для инвентаризации и контрактного обмена физическими и нематериальными активами, что обеспечит высокую надежность при проведении операций, снижение уровня преступности, исключение возможности противозаконного доступа к различным системам, в том числе инфраструктурным объектам.

## Цифровое производство и новые материалы

Цифровые технологии продолжают активно проникать во все сферы деятельности человека. При этом в производстве наметилась тенденция перехода от использования отдельных решений к внедрению единых систем управления знаниями, технологиями и компетенциями — цифровых платформ. Использование новых материалов, технологий компьютерного инжиниринга и виртуального моделирования, аддитивных технологий, «промышленного интернета», мехатроники и робототехники обеспечивает рост качества традиционных и появление принципиально новых продуктов, снижение издержек создания и производства изделий, в том числе за счет уменьшения объемов натуральных испытаний, сроков вывода готовой продукции на рынок, и в целом увеличение предсказуемости промышленных систем. Становится возможным проводить быструю перестройку производственных мощностей под различные условия, что обеспечивает кастомизацию производства, а также оперативно реагировать на рыночные изменения.

Развитие передовых производственных технологий будет проходить в рамках следующих направлений научных исследований.

*Технологии создания интеллектуальных систем управления и «умных» инфраструктур, технологии межмашинного взаимодействия и «интернета вещей»*

Объединение элементов предприятия в единую сеть на основе интеллектуальных систем управления позволяет удаленно управлять производственными процессами в онлайн-режиме. Это приведет к трансформации основных секторов экономики (промышленного производства, энергетики, транспорта, медицины, сельского хозяйства и др.), исчезновению ряда традиционных рынков и появлению новых секторов, меняющих саму модель взаимодействия людей и машин. Все большее число устройств не только станут интеллектуальными, но и будут включены в единую сеть, обеспечивающую синергетический эффект их взаимодействия, — «интернет вещей». «Умные» инфраструктуры будут вести постоянный мониторинг и анализ производственных процессов, своевременно устранять появившиеся проблемы и синхронизировать работу отдельных элементов, адаптировать их под реализацию единой цели. В целом трансформация промышленного производства приведет к росту рынка технологий «фабрики будущего»,

объем которого к 2020 г. превысит 700 млрд долл. Следствиями прогресса в этой области станут, в частности, вытеснение низкоквалифицированного труда машинами и появление новых видов компетенций, требующих высокой квалификации.

*Технологии новой элементной базы,  
электронных устройств, квантовые технологии*

Появление материалов, способных заменить кремний, стало ключевым импульсом развития новой элементной базы современной электроники. Положено начало использованию в электронике графена, позволяющего значительно уменьшить размер микросхемы и повысить эффективность работы микропроцессора. С использованием квантовых компьютеров за короткое время будут выполняться сложнейшие операции: дешифровка сложнейших кодов, моделирование взаимодействия молекул на квантовом уровне, что значительно упростит процесс создания материалов с заданными свойствами, и др. Рост объема передаваемых данных требует повышения пропускной способности информационных каналов. Для этого межсоединения на микросхемах могут быть реализованы на основе технологий фотоники. В процессорах для мобильных коммуникационных устройств будут использоваться многоядерные архитектуры и проектные нормы 10 нм и менее, что позволит сократить временные лаги работы интерфейса, длительность отклика на команды, частоту ошибок системы, увеличить скорость запуска приложений и уровень параллелизма при выполнении операций.

*Технологии мехатроники и робототехники*

Развитие технологий больших данных, рост производительности процессоров и открытия в области альтернативных вычислительных архитектур являются драйверами прогресса в области мехатроники и робототехники. Автоматизация производств, в том числе с использованием систем принятия решений на основе технологий искусственного интеллекта и нейронных сетей, станет главным импульсом глобальных изменений на рынке занятости и распространения концепции «безлюдных» производств. При этом новые устройства будут автономными, более гибкими, получат расширенный функционал, в результате чего ускорятся производственные процессы и повысится качество выпускаемой продукции. Вместе с тем тотальной замены людей роботами ожидать в обозримом будущем не стоит: с применением существующих на

сегодняшний день технологий полностью автоматизированы могут быть около 5% всех профессий и менее половины видов деятельности человека в разных профессиях.

### *Компьютерное моделирование материалов и процессов*

На базе технологий предсказательного многомасштабного моделирования материалов и процессов на всем протяжении жизненного цикла изделий (от замысла и дизайна до эксплуатации и утилизации, включая проверку расчетов на массиве экспериментальных данных) формируется концепция цифровых «двойников», предполагающая объединение виртуальных и реальных копий. Полностью цифровые среды, моделирующие реальность, позволят в полной мере использовать искусственный интеллект для настройки взаимодействия роботизированных систем и их обучения в цифровых симуляторах с последующим применением в реальных средах. В результате происходит существенное снижение производственных затрат за счет создания наукоемких виртуальных моделей вместо дорогостоящих натуральных моделей-прототипов. Системы компьютерного инжиниринга применяются практически во всех сферах современного производства, включая машиностроение, производство электроники, дизайн и архитектуру, и спектр их приложений расширяется. При этом появляется возможность снизить долю брака в готовой продукции за счет сокращения лишних производственных операций и устранения ошибок в технической документации, обеспечив создание кастомизированных изделий в более сжатые сроки.

### *Конструкционные, функциональные и метаматериалы*

Ужесточение требований к производству, связанное в первую очередь с необходимостью повышения его эффективности и безопасности, детерминирует создание новых материалов с уникальным сочетанием свойств: электро- и теплопроводности, прочности, долговечности и др. Их широкое распространение позволит решать такие задачи, как защита узлов и агрегатов от внешних факторов, создание покрытий для защиты конструкций в экстремальных условиях, повышение пропускной способности внутричиповых соединений при снижении энергопотребления и др. Интеллектуальные и настраиваемые функциональные и конструкционные материалы с высокими показателями прочности, пластичности, легкости, прозрачности и отражающей способности в будущем могут заменить используемые в настоящее время метал-



лы и пластики. Еще одно перспективное направление — метаматериалы. Это композиты, характеристики которых определяются не свойствами составляющих элементов, а структурой, созданной с использованием методов компьютерного моделирования. Потенциальные области применения метаматериалов охватывают все сектора, в которых используется электромагнитное излучение. С их помощью можно не только значительно улучшить параметры существующих приборов, таких как фазированные антенные решетки, но и создать принципиально новые, например, суперлинзы для оптической микроскопии в медицине и биологии.

#### *Аддитивные и гибридные технологии*

Переход к цифровому производству невозможен без использования аддитивных технологий (3D-печати). Их комбинация с технологиями компьютерного инжиниринга обеспечивает создание оптимальных по различным характеристикам (размеры, форма, вес, прочность, жесткость, долговечность, износостойкость и др.) изделий, деталей, машин и конструкций с коэффициентом использования материала, близким к единице. В результате обеспечивается значительное сокращение объемов расходуемых материалов (более чем на 70%), а также отходов производства и, соответственно, себестоимости продукции. Перспективное направление аддитивных технологий — металлопечать, позволяющая изготавливать изделия сложнейших геометрических форм, используемые в автомобиле- и авиастроении, а также медицинские протезы. Кроме того, развитие гибридных технологий, объединяющих субтрактивные и аддитивные технологии, дает возможность на одном и том же станке выполнить и 3D-печать, и механообработку напечатанного изделия.

#### *Диагностика материалов*

Переход к новому уровню понимания строения наноматериалов возможен на базе новых технологий диагностики, в том числе неразрушающих методов исследования, направленных на выявление различных параметров наноструктур и протекающих в них процессов. Это требует использования сложных систем визуализации поверхности материалов с атомным разрешением, мониторинга их состояния в ходе физических и химических процессов. Ожидается развитие новых методов синхротронно-нейтронной диагностики неорганических, органических, гибридных и биоподобных материалов и структур. Создание комплексных подходов

к практической диагностике материалов приведет к разработке на их основе следующего поколения электронных и оптических устройств.

## **Биотехнологии**

Развитие биотехнологий нацелено на увеличение продолжительности активной жизни человека и повышение ее качества, снижение уровня воздействия человека на окружающую среду и борьбу с загрязнениями, комплексное использование возобновляемых ресурсов, обеспечение продовольственной безопасности, сохранение природно-ресурсного потенциала. В ближайшие десятилетия появится возможность безопасного вмешательства в геном эмбриона человека, благодаря чему в дальнейшем создание «совершенного человека» будет лимитировано лишь этико-социальными нормами. Развитие нейротехнологий позволит сделать шаг вперед в формировании индивидуального профиля личности и персональной траектории ее развития.

Биотехнологии охватывают целый ряд перспективных направлений научных исследований.

### *Геномные и постгеномные технологии*

Прогресс геномных и постгеномных технологий, основанный на выявлении молекулярных механизмов, лежащих в основе жизнедеятельности организма, обеспечит переход к точной медицине, направленной на лечение не болезни, а конкретного пациента, а также на предотвращение развития заболеваний. Анализ транскриптома, протеома и метаболома, обеспечивающий глубокое понимание биохимических процессов, протекающих в живых организмах, будет все в большей степени применяться в процессе создания новейших высокоэффективных лекарств. Благодаря перенастройке эпигенетического ландшафта генома станет возможной терапия рака, болезней, связанных со старением, наследственных заболеваний. Результаты расшифровки метагеномов природных микробных сообществ и генно-инженерное воздействие на геном организмов будут использоваться для подбора сообществ микроорганизмов в промышленных целях и получения новых про- и пребиотиков. Редактирование генома позволит перейти к глубокой коррекции генотипа человека для существенного продления жизни и повышения ее качества. В области сельского хозяйства будут разрабатываться новые сорта растений и породы животных с заданными признаками без внесения чужеродного генетического

материала. Активное направленное воздействие на микробные сообщества даст возможность увеличить продуктивность животных и биологическую защиту растений, эффективно очищать окружающую среду, интенсифицировать различные биотехнологические процессы, в том числе переработку отходов, получение биотоплива и добычу полезных ископаемых.

### *Клеточные технологии*

Современные достижения в области клеточных биотехнологий стимулируют развитие методов регенеративной и трансплантационной терапии целого ряда заболеваний. В ближайшие десятилетия с помощью технологий перепрофилирования соматических клеток будут созданы и найдут широкое применение технологии выращивания тканей и функциональных органов человека (включая сердце, печень, сетчатку) *in vitro* с последующим вживлением их реципиенту. Переход к новому уровню понимания принципов формирования онкологических опухолей и функционирования защитных систем организма против новообразований будет способствовать разработке кардинально новых методов диагностики и терапии, что значительно повысит эффективность ранней диагностики и лечения рака. В сельском хозяйстве будут востребованы технологии клонирования особей с отличительными характеристиками для создания новых сортов растений и пород животных, устойчивых к патогенам и неблагоприятным условиям окружающей среды.

### *Синтетическая биология*

Синтетическая биология — бурно развивающееся направление, которое обеспечивает создание строго заданных биологических структур, часто не имеющих аналогов в природе и обладающих принципиально новыми свойствами, на базе методологии геной и белковой инженерии и возможность точного редактирования генома живой клетки. На основе банков генов и геномов можно будет в кратчайшие сроки сконструировать синтетический геном под любую задачу. С использованием штаммов-продуцентов будут производиться практически любые синтетические вещества, ранее получаемые на основе нефти, включая экологически чистые биотоплива и биотехнологические системы охраны окружающей среды. Ожидается повышение точности систем генетического редактирования, которые будут активно использоваться в медицине (например, редактирование генома лимфоцита для получения индивидуальной вакцины против рака в ближайшие годы

должно стать массовой технологией). Будут массово применяться технологии выращивания органов людей в животных для ксено-трансплантаций, что, в свою очередь, потребует формирования соответствующей регуляторной базы. В сельском хозяйстве достижения синтетической биологии будут широко использоваться для разработки высокоурожайных растений и продуктивных животных, синтезирующих в том числе активные вещества, употребление в пищу которых окажет благоприятный медицинский эффект, обеспечивая профилактику и терапию отдельных заболеваний.

### *Нейротехнологии*

Конвергенция био- и информационных технологий станет драйвером интенсивного прогресса нейротехнологий, открывающих широкие возможности для нейрокоммуникации, интеграции интеллекта человека и искусственного интеллекта, в том числе в единую сеть, а также управления различными устройствами силой мысли. Технологии нейрокоммуникации имеют потенциал применения в самых разных сферах жизни человека — от медицины и образования до индустрии компьютерных игр и нейромаркетинга. Системы нейровизуализации и функционального картирования существенно увеличат эффективность нейрореабилитации пациентов, а нейропротезы и экзоскелеты позволят радикально повысить качество жизни людей с повреждениями спинного мозга и опорно-двигательного аппарата. Благодаря неинвазивной стимуляции мозга можно будет предотвратить развитие ряда заболеваний нервной системы человека, связанных с психическими расстройствами, значительно усилить когнитивные способности человека. Кроме индивидуального применения будет происходить интеграция человека и устройств в целостную сетевую систему. Обеспечение непрерывного мониторинга ключевых показателей (включая ментальную и эмоциональную деятельность) актуально как для медицинских целей, так и для производства, управления машинами и механизмами.

### *Промышленные биотехнологии и биоматериалы*

При производстве пластиков, медицинских изделий и лекарств, средств очистки окружающей среды, переработке отходов продолжится замещение многих химических процессов биотехнологическими за счет технологий получения биоматериалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья. Прогресс в области промышленных биотехнологий будет направ-

лен на оптимизацию и экологизацию производств биологически активных соединений, рекомбинантных белков промышленного и медицинского назначения, биокатализаторов с высоким уровнем специфичности, эффективности и стабильности и других веществ. Производство многих активных веществ (вакцин, ферментов, гормонов, витаминов и т.п.) будет осуществляться с помощью растений и животных — биофабрик.

### *Технологии биобезопасности*

Ускоренное развитие биотехнологий несет в себе серьезные риски и выдвигает на первый план вопросы биобезопасности, в частности выявление новых инфекций и дрейфа генов, обеспечение контроля за применением молекулярных и клеточных медицинских технологий, новыми формами загрязнения окружающей среды, связанными с высокотехнологичной деятельностью и ростом населения. Необходимо внедрять эффективные системы, позволяющие превентивно выявлять и прогнозировать появление новых биогенных угроз. Особенно важно мониторировать использование генетических технологий, затрагивающих генотип человека, а также клеточных технологий, предполагающих манипуляции со стволовыми клетками. Необходимо наладить мониторинг неконтролируемого горизонтального переноса инженерных генов и межвидового переноса генов, приводящих к изменению вида.

### **Космические системы**

Космические системы, относящиеся к категории платформенных технологий, необходимы для повышения эффективности функционирования и расширения ассортимента продуктов и услуг целого ряда секторов экономики (оборонного, транспортного, агропромышленного, финансового и др.). На их базе предоставляются услуги эффективной навигации и гидрометеорологического прогнозирования, картографирования, поиска полезных ископаемых, качественной связи, межмашинного взаимодействия (M2M) и «интернета вещей», спасения терпящих бедствие, контроля транспортных потоков. Результаты космической деятельности, получаемые посредством эксплуатации космических систем, в средне- и долгосрочной перспективе будут играть важную роль в обеспечении национальной безопасности, решении социально-экономических и научно-технологических задач. С развитием технологий появятся возможности переноса с Земли

на орбиту различных видов деятельности, включая промышленное производство материалов, сборку и обслуживание сложных конструкций, создание лекарственных препаратов нового поколения. При дальнейшем совершенствовании космических систем для человечества станут доступными такие услуги, как суборбитальные пассажирские и грузовые перевозки, добыча полезных ископаемых с астероидов, планет и их спутников, межпланетные сообщения, космический туризм, лечение болезней в условиях невесомости.

Выделяются следующие перспективные направления научных исследований в области космических систем.

*Технологии создания и эксплуатации  
космических аппаратов и их систем*

Развитие космических аппаратов будет идти по пути их дальнейшей миниатюризации и роста эффективности полезной нагрузки. Значительно снизятся сроки изготовления и стоимость запуска малоразмерных спутников, расширятся возможности учета потребностей отдельных заказчиков за счет использования унифицированных платформенных решений. При сохранении нынешних тенденций развития в ближайшие пять-десять лет повысится доступность и существенно улучшатся функциональные характеристики как самих космических аппаратов, так и предоставляемых на их основе услуг: высокое качество бесшовной глобальной голосовой связи и широкополосной передачи данных будет обеспечено за счет запуска многоспутниковых группировок; оперативный мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, круглосуточное наблюдение за различными территориями будут организованы на основе данных дистанционного зондирования Земли. Ожидается развертывание ряда низкоорбитальных массовых спутниковых систем, которые будут использоваться как платформы для сервисов (связь, навигация, дистанционное зондирование Земли), что обеспечит их взрывное развитие. Эффективной организации движения, направленной на повышение безопасности и минимизацию рисков столкновения постоянно возрастающего числа космических аппаратов на орбите, будет способствовать развитие нормативной базы, научно-технического и научно-методического обеспечения новых технологий адаптивного управления группировками из функционирующих и отслуживших срок космических объектов искусственного происхождения.

*Технологии создания  
перспективных средств выведения*

Снижение затрат на осуществление космической деятельности будет определяться повышением эффективности средств выведения, внедрением модульных унифицированных решений ракет-носителей нового поколения, переходом к использованию многоразовых ракет-носителей, что, в свою очередь, снизит ущерб от падения обломков и роста количества космического мусора. Развитие средств выведения сверхтяжелого класса позволит реализовывать космические программы по освоению ближнего и дальнего космического пространства (в том числе окололунного), осуществлять пилотируемые полеты и запуск тяжелых уникальных модулей пилотируемой космической инфраструктуры. Увеличение спроса на запуски малоразмерных космических аппаратов, в свою очередь, приведет к необходимости разработки и усовершенствования ракет-носителей легкого и сверхлегкого классов, в том числе с многоразовыми элементами (например, возвращаемой первой ступенью).

*Технологии создания  
перспективных энергодвигательных установок  
космических аппаратов для средств выведения*

Полеты на дальние расстояния, экономически целесообразное космическое производство, а в долгосрочной перспективе создание пилотируемой инфраструктуры для освоения космических объектов (в первую очередь Луны и Марса), добыча полезных ископаемых на них станут возможными благодаря разработке и использованию эффективных и доступных решений по энергообеспечению космических миссий, в частности, двигательных установок космических аппаратов (ядерных, ионных, плазменных и др.) с длительным сроком эксплуатации. Важными направлениями развития данной области научных исследований являются создание «зеленых» (экологически чистых) двигательных установок космических аппаратов и отработка новых компонентов топлива для средств выведения, прежде всего метана (сжиженного природного газа).

*Технологии орбитального обслуживания*

Продлить сроки активного существования космических аппаратов и снизить объемы мусора на орбите позволят комплексные системы орбитального обслуживания, предполагающие диагно-

стику и эксплуатацию (дозаправку, ремонт и проч.) искусственных объектов на орбите на всех этапах их жизненного цикла (вплоть до увода на захоронение), в том числе с помощью робототехнических систем-манипуляторов. Ключевыми задачами становятся агрегация и переработка космического мусора, создание ремонтных и рециркуляционных систем для космических аппаратов. Существенному снижению рисков обслуживания космических станций будет способствовать создание роботов для поддержки внекорабельной деятельности космонавтов. К сокращению издержек, сроков создания и ввода в эксплуатацию космических средств приведет развитие космического машиностроения, в том числе разработка технологий изготовления элементов крупногабаритных конструкций в космических условиях. Решение научно-исследовательских задач станет возможным во многом благодаря совершенствованию технологий дополненной реальности при моделировании и планировании роботизированных космических миссий и операций, развитию систем технического зрения и навигации мобильных роботов.

*Технологии наземной и космической  
инфраструктуры обеспечения космической деятельности*

Независимость доступа к космическому пространству и расширение объемов коммерческих услуг по запуску космических средств будут обеспечены путем строительства пусковых сооружений и иной космодромной инфраструктуры с использованием передовых технологий установки и обслуживания ракет-носителей, направленных на расширение возможностей запуска космических аппаратов в больших диапазонах наклонений и высот рабочих орбит. Повышение доступности высокотехнологичных геопортальных сервисов на основе облачных технологий произойдет также благодаря расширению возможностей наземных комплексов приема, обработки, хранения и распространения данных дистанционного зондирования Земли. Ожидается развитие экспериментально-испытательной базы и современных средств и методов автоматизированных испытаний при проведении экспериментальной отработки перспективных изделий ракетно-космической техники с учетом влияния различных факторов космического пространства на всех этапах жизненного цикла. Благодаря этому вырастет надежность изделий ракетно-космической техники (ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов).



## 4.2. Целевые направления

### Здоровье

Прогресс в области биомедицины — ключевое условие повышения качества и продолжительности жизни человека, залог устойчивого социально-экономического развития страны и обеспечения национальной безопасности. Драйвером основных изменений в этой сфере станет усиление запросов общества на технологии здоровьесбережения, основным объектом которых будет не больной, а здоровый человек. Понимание принципов формирования заболеваний приведет к смещению акцента от лечения к функциональной коррективке состояния человека на начальной стадии развития болезни. Переход к постгеномной медицине и внедрение лекарственных средств с новыми механизмами действия, высокочувствительных и специфичных диагностических тестов позволит не только предотвращать развитие заболеваний, но и персонализировать лечение в случае необходимости. Рост доли населения старшего возраста и, как следствие, сдвиг структуры заболеваемости в сторону увеличения доли хронических неинфекционных болезней предъявляют новые требования к медицинским продуктам и услугам и приведут к росту спроса на нейрокогнитивные технологии, органы и ткани для замещения, электронные аналоги органов чувств. В долгосрочной перспективе внедрение новых технологий позволит кардинально снизить уровень заболеваемости и таким образом уменьшить финансовую нагрузку на систему здравоохранения. В будущем ожидается рост числа оплодотворений «в пробирке» для исключения риска заболеваний у будущего ребенка за счет редактирования генома.

Ниже перечислены направления научных исследований в области биомедицины и здравоохранения.

#### *Перспективные лекарственные кандидаты*

Процесс поиска и испытания новых фармацевтических субстанций будет значительно сокращен благодаря технологиям компьютерного моделирования. Новые препараты будут более эффективными, позволят минимизировать негативные побочные эффекты, а также лечить болезни, считавшиеся ранее incurable, как за счет создания лекарственных средств с новыми механизмами действия, так и благодаря возможности их адресной доставки, в том числе с использованием нанокапсул и меток. Внедрение новых тераностических препаратов обеспечит одновре-

менную диагностику заболевания, в том числе раннюю, терапию и последующий мониторинг лечения.

### *Молекулярное профилирование и диагностика*

Основой персонализированной и предиктивной медицины являются технологии молекулярного профилирования и диагностики. Полногеномное секвенирование становится все доступнее и к 2030 г. может стать рутинной процедурой при составлении плана терапии и назначении лекарственных препаратов. Анализ метабеномов микроорганизмов, находящихся на поверхности кожного покрова и в организме человека, и оценка их влияния на возникновение различных заболеваний (злокачественных новообразований, сахарного диабета и др.) позволят разрабатывать эффективные лекарственные препараты, в том числе персонализированные. Возможность выявления связей молекулярных маркеров с болезнями, определения механизмов их экспрессии и активности приведет к появлению новых методов терапии.

### *Клеточные технологии и тканевая инженерия*

Развитие клеточных технологий и тканевой инженерии направлено на создание генно-инженерных лекарственных препаратов в виде клеточных и биоинженерных конструкций, методов управления клеточной пролиферацией, дифференцировкой и активностью, тканевых и органных эквивалентов на основе аутологичных или донорских клеток, а также технологий их трансплантации. Новые технологии будут активно применяться для эффективного восстановления кожных покровов после ожоговых травм и тканей после удаления раковых образований, замещения костных и хрящевых дефектов. Ксенотрансплантация органов от животных-химер повысит доступность медицинской помощи, поскольку пациентам не придется годами ждать подходящего донора. В будущем органы и ткани будут выращиваться на основе клеток самого человека, что кардинально изменит подходы к терапии многих болезней. В частности, технологии создания поджелудочной железы решат проблему сахарного диабета. Коррекция опасных патологий за счет генетического перепрограммирования клеток на пренатальной стадии развития эмбриона значительно снизит распространенность моногенных орфанных заболеваний.

### *Мониторинг и контроль функций органов и систем*

Необходимым условием для эффективной терапии и диагностики болезней является оперативный и достоверный мониторинг

и контроль функций органов и систем. Так, технологии неинвазивной или малоинвазивной диагностики, средства внутренней визуализации органов человека позволяют более точно поставить диагноз и назначить правильное лечение. Возможность проведения ранней диагностики повышает шансы на выздоровление и ускоряет этот процесс, снижая экономический ущерб государства от социально значимых заболеваний. Распространение здорового образа жизни положительно скажется на развитии этой области: будут востребованы портативные средства мониторинга и прецизионного контроля для непрерывного анализа параметров организма, передачи результатов напрямую врачу. Широкое внедрение таких устройств позволит сформировать большие массивы данных, на основе которых будут созданы информационные системы поддержки принятия врачебных решений.

*Информационные технологии медицинского назначения  
и медицинская робототехника*

Снижение логистических и временных издержек в сфере здравоохранения будет происходить за счет внедрения распределенных информационно-аналитических систем, а также систем поддержки принятия решений на их основе. Развитие телемедицинских технологий увеличит доступность медицинской помощи: профессиональную консультацию специалиста можно будет получить из любой точки мира, что особенно важно для России с неравномерным распределением населения по территории страны. Высокий уровень инвалидизации и необходимость повышения качества жизни людей с ограниченными возможностями будут стимулировать создание новых ассистивных информационных технологий, а также систем жизнеобеспечения и аппаратной реабилитации. Имплантация беспроводных устройств для поддержания функций организма (например, кардиостимуляторов) станет возможна без проведения операций. Медицинская робототехника будет активно применяться в хирургии, обеспечивая высочайшую точность манипуляций и минимальную травматизацию.

### **Продовольствие**

Необходимость обеспечения продовольственной безопасности России и ее технологической независимости по основным отраслям агропродовольственного сектора в условиях глобальной нестабильности и внешнеполитического давления ставит на повестку дня форсированное создание новых и развитие существую-

щих конкурентоспособных отечественных технологий. В настоящее время в агропромышленном комплексе разворачивается новая технологическая волна, которая будет характеризоваться развитием робототехники; биотехнологий, основанных на современных достижениях молекулярной биологии и геномной инженерии; нанотехнологий; систем искусственного интеллекта. Усиливается актуальность гибкой автоматизации производства, ожидается существенное увеличение объемов использования ВИЭ. «Умное» сельское хозяйство и точное земледелие станут стандартом производственной эффективности благодаря стремительному развитию технологий больших данных и искусственного интеллекта. Все это создаст предпосылки для формирования новой структуры рынков средств производства и продукции агропромышленного комплекса. К 2030 г. в агропромышленном комплексе России широкое распространение должны получить технологии точного сельского хозяйства, высокопродуктивные породы/сорта животных и растений, биологические средства защиты растений и биоудобрения. Значительно вырастет уровень производительности труда и ресурсоэффективности за счет роботизации, интегрированного управления логистикой, использования ВИЭ.

Среди направлений научных исследований в области продовольствия можно выделить следующие.

#### *Агротехнологии растениеводства*

Разнообразие и неоднородность погодных условий в России требует развития климато-адаптивных агротехнологий растениеводства. Создание новых технологий тепличных комплексов с автоматическим управлением микроклиматом, минеральным питанием и минимальным использованием ручного труда позволит приблизиться к цели круглогодичного сбора урожая, в том числе в суровых погодных условиях (экстремально высокие или низкие температуры окружающей среды). Параллельно с этим развиваются технологии ускоренной селекции, семеноводства, получения новых районированных сортов и гибридов растений, устойчивых к неблагоприятным природным условиям, гербицидам, насекомым-вредителям, вирусным и иным болезням. Будут также развиваться технологии генно-инженерно-модифицированных культур, однако рост этого направления будет ограничен действующими законодательными запретами в указанной сфере. Разрабатываются биологические средства защиты растений вместо химически синтезируемых опасных для здоровья пестицидов

и фунгицидов. Совершенствование технологий и оборудования для фитосанитарного контроля (в частности, нанофитосанитарии и прецизионных методов фитосанитарного мониторинга) препятствует распространению вредных организмов и веществ в сырье и продукции.

#### *Агротехнологии животноводства*

Животноводство будет неизбежно претерпевать изменения в связи с последствиями глобального потепления климата, деградацией почв и другими отрицательными эффектами. Технологии селекции и биоинженерии должны стать эффективным решением этой проблемы и позволят получать породы животных, устойчивых к негативным воздействиям. Достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения нашли свое применение в виде «электронных пастухов», которые в перспективе будут способствовать вытеснению традиционных способов выпаса скота. Для этого будут использованы беспилотные летательные аппараты, оборудованные камерой и специальным программным обеспечением, позволяющие следить за состоянием сельскохозяйственных животных в процессе выпаса, а также оценивать качество травы, заблаговременно выявлять некоторые ядовитые растения, оценивать общую степень износа пастбища.

#### *Агротехнологии рыбохозяйственного комплекса*

Глобальные проблемы загрязнения Мирового океана, распространение нещадящих методов вылова морских ресурсов являются существенными драйверами развития технологий рыбохозяйственного комплекса. Наблюдается тенденция перехода от классических видов аквакультуры (пастбищная аквакультура, выращивание различных видов рыб в водоемах и садках) к индустриальным. Прогрессивной технологией выращивания рыб, в том числе генетически модифицированных сортов, является технология индустриальной аквакультуры с использованием установок замкнутого водоснабжения в полностью контролируемой среде. Технологические решения данной системы включают использование роботизированных аппаратов для кормления рыб в загонах, обеспечивающих автоматическую подачу корма по заданному расписанию. Робототехника находит применение и в традиционном рыбоводстве: на смену водолазам придут подводные беспилотные аппараты для выполнения рутинных операций (проверки сетей, удочек, якорей, мониторинга подводного пространства и т.п.).

### *Агротехнологии пищевой промышленности*

Традиционное сельскохозяйственное сырье для производства продовольствия постепенно уступает место другим источникам. Вскоре станет возможным производство продуктов из таких неожиданных ресурсов, как воздух и электричество. Так, особые биореакторы уже позволяют синтезировать белок из углекислого газа с помощью специальных микроорганизмов. Производство пищевой продукции переходит сегодня в технологическую стадию возможности прямого промышленного синтеза. Выращенная «в пробирке» пища может стать основой рациона человека. Тотальная автоматизация производства и последующей логистики готовых продуктов питания станет возможна благодаря новейшим информационным технологиям и в первую очередь — интегрированным агрологистическим системам, работающим в режиме реального времени на основе технологий больших данных и машинного обучения. Массовый переход к более здоровому питанию будет способствовать вытеснению из рациона сахара олигополисахаридами, поддерживающими здоровую микрофлору организма человека, и сокращению доли используемой в пищу глютеносодержащей растительной продукции. Это, в свою очередь, приведет к существенной трансформации распределения выращиваемых культур в глобальном масштабе.

### *Агротехнологии широкого спектра применения в агропромышленном комплексе и смежных отраслях*

Ответом на вызовы ведения эффективного сельского хозяйства в условиях разрастающихся городов и городских агломераций являются «фермы будущего» как ключевой элемент урбанизированного сельского хозяйства. Они охватывают целый спектр направлений (вертикальные, роботизированные, цифровые фермы, домашние мини-фермы и др.), которые позволяют получить рекордный объем урожая на минимальной по площади территории. Такие комплексы функционируют автономно с использованием технологий аквапоники и гидропоники, без прямого участия человека, а за счет автоматической настройки всех параметров (уровня влажности, освещенности и т.д.) формируется оптимальная среда для выращивания сельскохозяйственных культур. Главное преимущество подобных комплексов состоит в их независимости от изменчивых погодных условий и любого другого влияния окружающей среды.

## Природные ресурсы и окружающая среда

Обеспечение устойчивого развития России, ее экологической и геополитической безопасности, качества жизни населения тесно связано с решением научно-технологических задач в сфере рационального природопользования. В эпоху глобализации и бурного социально-экономического роста появляются новые угрозы: истощение ряда критически важных ресурсов, изменение климата, рост техногенной нагрузки и загрязнение природных сред, дефицит качественных водных ресурсов, потеря биоразнообразия и др. Деградация глобальных экосистем вследствие антропогенного воздействия может быть преодолена путем внедрения прорывных технологий циркулярной экономики и экосистемной инженерии. Ожидается радикальная трансформация принципов разработки и использования земных ресурсов, полезных ископаемых, к числу которых все больше ученых относят и простую, чистую питьевую воду. Засушливые районы, страдающие от недостатка пресной воды, будут оснащены автономными системами получения воды из воздуха (а также из конденсата). При этом рациональное природопользование будет постепенно выходить за границы использования экосистем и ресурсов Земли, эволюционируя в направлении освоения космического пространства и эксплуатации других космических тел, обеспечения биобезопасности и биоэтики.

Прогресс в области рационального природопользования будет обусловлен развитием следующих перспективных научных направлений.

### *Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности*

Повышению спроса на экологически эффективные продукты и технологии будут способствовать ужесточение экологических требований и стандартов и переход к инновационной модели экономики, ориентированной в том числе на «зеленый» рост. Развитие космических технологий позволит проводить оперативный мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды. Для своевременного выявления нарушений экологических требований в части защиты воздуха и предотвращения сверхнормативных загрязнений будут внедряться технологии постоянного мониторинга концентрации загрязняющих частиц на базе компактных беспроводных датчиков. В целях борьбы с изменением климата

будут разрабатываться технологии терраморфинга, в основе которых лежат методы геоинженерии, например, направленные на охлаждение планеты с помощью светоотражающих облаков путем распыскивания соленой воды.

*Мониторинг состояния окружающей среды,  
оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций  
природного и техногенного характера*

Прогресс в области математического моделирования и методов дистанционного зондирования Земли станет основным драйвером развития систем мониторинга и прогнозирования природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Программное обеспечение, способное в автоматизированном режиме решать информационные, прогностические и аналитические задачи, существенно повысит оперативность и оправдываемость прогнозов чрезвычайных ситуаций. Активное внедрение беспилотных летательных аппаратов, снабженных сенсорами и датчиками, позволит собирать данные о качестве окружающей среды в режиме реального времени. В долгосрочной перспективе будут разрабатываться технологии выявления и предотвращения астероидно-кометной опасности.

*Изучение недр, поиск, разведка  
и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов,  
а также техногенного сырья*

Создание новых технологий эффективной эксплуатации действующих месторождений и разведки новых источников полезных ископаемых базируется на цифровизации, автоматизации и роботизации этих процессов. Появление автономных подводных роботов-шахтеров будет способствовать интенсивному развитию систем шельфовой и глубоководной добычи, в частности добычи твердых полезных ископаемых на морском дне, в первую очередь из гидротермальных источников, богатых медью, золотом, серебром и цинком. Новейшие способы работы с информацией дают возможность повысить эффективность использования данных, собираемых на месторождениях от промышленных датчиков, принимать на их основе более эффективные решения. Становятся востребованными технологии когнитивного анализа данных, машинного обучения, которые позволят находить новые способы повышения эффективности разработки месторождений и, в свою очередь, сократить затраты на проведение геологоразведочных работ и добычу полезных ископаемых.



*Изучение и освоение ресурсов  
Мирового океана, Арктики и Антарктики*

Устойчивое развитие минерально-сырьевого комплекса страны требует освоения Мирового океана, Арктики и Антарктики, создания технологий для работы в экстремальных природно-климатических условиях. Для комплексного использования территорий необходимы технологии, предполагающие минимизацию негативного антропогенного воздействия. Важным вопросом остается безопасность разведки и добычи, прежде всего проблема разливов нефти, приводящих к пагубным экологическим последствиям. Эта задача может быть решена с помощью особых препаратов на основе психрофильных микроорганизмов для очистки акваторий, способных при низких (в том числе отрицательных) температурах утилизировать нефть и нефтепродукты. Новые лазерные технологии расширят возможности навигации и грузоперевозок в Заполярье. Все большую роль в исследованиях Мирового океана приобретают автоматические измерительные комплексы, преимущество которых состоит в возможности работать автономно в течение длительного срока и при наличии современных средств связи передавать информацию в режиме реального времени. Важным направлением остается изучение гидрометеорологических условий на акватории арктических морей, исследование изменчивости современного климата и его вариаций в геологическом прошлом.

### **Новая энергетика**

Эффективность функционирования ТЭК в значительной степени определяет место страны в мировой экономике, объемы и структуру производства, темпы технического прогресса, комфортность условий труда и быта людей. Основными драйверами роста спроса на энергоресурсы и энергетические технологии станут рост численности населения и повышение качества жизни, а также развитие мировой экономики. Эти факторы в совокупности с исчерпанием запасов традиционных углеводородов будут способствовать переходу к безопасным, экологически чистым и ресурсосберегающим технологиям в энергетике. Кроме того, одним из ключевых эффектов развития новой энергетики станет повышение связности территории Российской Федерации за счет обеспечения энергоресурсами большего числа населенных пунктов и объектов промышленности, их объединения в единую и локаль-

ные энергосистемы. Переход к передовым цифровым, интеллектуальным энергетическим технологиям, роботизированным комплексам переработки энергоресурсов, новым материалам, системам обработки больших объемов данных вызовет значительное кратное повышение энергоэффективности страны.

Создание безопасной и эффективной энергетики предполагает развитие целого ряда направлений научных исследований.

#### *Эффективная и экологически чистая теплоэнергетика*

Высокая антропогенная нагрузка и негативное воздействие на климат теплоэнергетического комплекса обуславливают развитие новых экологически чистых технологий, в том числе создание низкоэмиссионных ГТУ с большим рабочим ресурсом (до 150–200 тыс. часов) и высокой эффективностью при различных нагрузках. В долгосрочной перспективе производство ГТУ большой и предельной мощности и на их основе — мощных парогазовых установок предельной КПД (до 65–66%) позволит снизить зависимость от импортного оборудования. Устаревшие паровые энергоблоки могут постепенно замещаться гибридными электрогенерирующими установками на основе топливных элементов, ГТУ и парогазовыми установками с КПД до 70%.

#### *Эффективная, безопасная атомная энергетика*

Традиционные АЭС большой мощности уступят место новому поколению АЭС на безопасных и экономически эффективных ядерных реакторах малой и средней мощности с существенно меньшими капитальными затратами и сроком окупаемости. Важным стратегическим направлением развития атомной энергетики остается разработка технологий управляемого термоядерного синтеза, которые позволят создать гораздо более безопасные и экономически эффективные реакторы, обеспечивающие экзотермическое превращение водорода в гелий. Среди направлений научно-технологического развития атомного энергопромышленного комплекса наиболее перспективными являются разработка АЭС четвертого поколения на базе инновационных водо-водяных реакторов со сверхкритическим давлением пара и кардинально улучшенным использованием топлива; освоение блока БН-800 и дальнейшее развитие бридерных технологий; завершение разработки и внедрение технологий замыкания ядерного топливного цикла для реакторов на быстрых и тепловых нейтронах.

### *Эффективное использование возобновляемых источников энергии*

Рост спроса на технологии возобновляемой энергетики будет обусловлен их дальнейшим удешевлением, волатильностью цен на углеводороды и возрастающей технологической сложностью их добычи. Экологизация производства энергии потребует перехода к использованию чистых источников (воды, ветра, солнца и др.). Развитие биоэнергетики благодаря технологиям получения биогаза, газификации местных твердых топлив, pelletирования отходов лесной промышленности и растениеводства, производства моторных топлив из аквакультур позволит не только расширить доступный объем энергоресурсов, но и решить проблему утилизации бытовых, сельскохозяйственных и прочих отходов, а также сократить негативное воздействие АЭС и ТЭС на климат. Ветрогенераторы с горизонтальной осью мощностью 1–3 МВт и более и технологии создания и эксплуатации крупных сетевых ветроэлектростанций на суше и в море, современные солнечные электростанции, способные обеспечивать энергией большое число потребителей, уже сегодня могут конкурировать по цене с традиционной генерацией.

### *Водородная энергетика*

Технологии водородной энергетики, обеспечивающие прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую, обладают множественными мультипликативными эффектами. Широкий спектр возможностей получения водорода способствует обеспечению энергетической безопасности, ослаблению зависимости от других источников энергии. Топливные элементы на водороде отличаются высоким КПД (55–60%) при малой мощности установки и минимальном воздействии на окружающую среду. Они могут применяться в стационарной энергетике (производство электроэнергии, когенерация, источники бесперебойного и резервного питания), на транспорте (источники тока в электромотоциклах, грузовиках), в военной технике, космических аппаратах, портативных электрических приборах (источники тока в мобильных устройствах, зарядные устройства и т.п.) и др.

### *Эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии*

Широкое использование средств аккумулирования электрической и тепловой энергии будет способствовать выравниванию графиков электро- и теплоснабжения, повышению эффективности

централизованной и распределенной электроэнергетики и тепло-снабжения. Решающую роль в формировании систем распределенной генерации сыграют электрохимические аккумуляторы, которые уже получили широкое распространение при производстве мобильных устройств и на транспорте. В системах с большой долей ВИЭ будут использоваться суперконденсаторы, которые эффективно дополняют электрохимические аккумуляторы, покрывая быстропеременные нагрузки. Для хранения избыточной энергии, вырабатываемой ВИЭ, и последующего производства из водорода электроэнергии и тепла будут применяться технологии аккумулирования электроэнергии в водородном цикле, включая электролизеры высокого давления, системы длительного хранения больших объемов водорода (и, возможно, кислорода) и низкотемпературные топливные элементы на водороде. Комбинация электростанций разных видов ВИЭ и водородных систем хранения энергии будет все более успешно конкурировать по цене с газовой генерацией и окажется более экономически эффективной, чем модернизация устаревших теплоэлектростанций. Компактные установки для электролиза воды могут сделать альтернативную энергетику массовой.

#### *Глубокая переработка углеродосодержащего сырья*

Рост эффективности использования имеющегося углеродосодержащего сырья возможен за счет увеличения глубины его переработки. Применение новых катализаторов повысит выход светлых нефтепродуктов и их качество, сократит негативное воздействие нефтеперерабатывающих производств на окружающую среду. Так, внедрение технологий гидроконверсии тяжелого нефтяного сырья в моторные топлива и сырье для нефтехимии позволит заместить экспорт мазута и вязкой нефти экспортом высококачественных нефтепродуктов с существенно более высокой добавленной стоимостью. Утилизация попутного нефтяного газа и всех его составляющих увеличит оборот углеводородного сырья, будет способствовать ликвидации неблагоприятных последствий освоения месторождений нефти для окружающей среды и климата, а конечный продукт может использоваться в качестве топлива для получения тепла и электроэнергии на газотурбинных электростанциях.

#### *Эффективная транспортировка углеводородного сырья, горючего и энергии*

При транспортировке горючего будут использоваться технологии и насосное оборудование более высокого давления и присадки

для снижения гидравлического сопротивления в магистральных трубопроводах, а также эффективные средства диагностики трубопроводов, обеспечивающие заблаговременное выявление аварийных участков и предотвращение аварий. Для транспортировки тяжелой, вязкой и высоковязкой нефти потребуются разработка новых катализаторов, облегчающих ее движение по нефтепроводу. Перспективные технологии эффективной транспортировки природного газа сократят срок ввода компрессорных станций, позволяя в режиме онлайн контролировать основные процессы перекачки газа. Разработка удаленных (шельфовых) месторождений с прямой подачей добытых энергоносителей на берег станет возможной за счет усовершенствования технологий подводного компримирования и передачи электроэнергии на большие расстояния. Технологии передачи электроэнергии на дальние расстояния позволят избежать строительства электростанций в непосредственной близости от крупных потребителей, снизить потери в сетях и стоимость передачи энергии.

#### *Интеллектуальные энергетические системы будущего*

Цифровые активно-адаптивные системы электро-, тепло- и газоснабжения обусловят переход к качественно новому уровню эффективности за счет повышения уровня автоматизации и управляемости электроэнергетической системы. Объединение производителей и потребителей энергии в «умные» локальные и единую национальную энергетические системы позволит за счет резервирования мощности оптимизировать потребление энергии, сгладить пиковые нагрузки, снизить потери и затраты на эксплуатацию. Прогресс в этой области обеспечит интеграцию ВИЭ, накопителей электрической энергии и зарядной инфраструктуры для электротранспорта в электрические сети всех видов, в том числе в Единую энергетическую систему Российской Федерации.

#### *Эффективное потребление энергии*

На стороне конечного потребления энергии будут востребованы решения, направленные на снижение энергоемкости и повышение энергоэффективности в экономике и жилом секторе. Среди перспективных решений можно выделить высокоэффективное электрооборудование и системы управления им, технологии строительства зданий и сооружений с минимальным энергопотреблением, технологии оптимального управления энергопотоками автономных систем энергоснабжения. Кроме того, будут необходимы новые теплоизоляционные материалы, энергоэффективные

системы освещения, тепловые насосы, позволяющие использовать низкопотенциальное тепло антропогенного и природного происхождения, и другие решения.

### *Моделирование перспективных энергетических технологий и систем*

Новые методы и средства системного анализа, возможности ускоренной обработки больших массивов геофизической информации, физико-химических и других процессов, анализа изменений параметров функционирования энергетических установок и комплексов энергоснабжения в статическом режиме и в режиме реального времени будут использоваться для моделирования перспективных энергетических технологий и систем. Это, в свою очередь, значительно повысит эффективность производства и использования энергии как на уровне предприятий, так и на уровне города, региона или страны за счет оптимизации структуры используемых технологий.

### **Транспортные системы**

Развитие транспортных систем направлено на обеспечение связности между странами, городами и регионами, повышение качества жизни населения, эффективное использование ресурсов и снижение уровня негативного воздействия на окружающую среду. Ключевая задача здесь — повышение доступности, оперативности и безопасности, снижение стоимости пассажирских и грузовых перевозок. Совершенствование транспортных коммуникаций обеспечит эффект «сжатия пространства» — субъективное сокращение расстояний между населенными пунктами и различными территориями для потребителей транспортных услуг. Транспорт непосредственно связан практически со всеми сферами деятельности человека, создание условий для его технологического совершенствования станет важнейшим фактором повышения темпов социально-экономического развития. Благодаря эффективным транспортным системам улучшится уровень сетевого взаимодействия бизнеса, произойдут структурные сдвиги в распределении производства и населения. Для Российской Федерации транспорт играет особую роль в силу размеров ее территории, высокого транзитного потенциала и наличия значительного внутреннего спроса на товары и услуги.

В состав направления входят следующие перспективные области научных исследований.

*Технологии создания энергоэффективных  
и экологически чистых транспортных средств*

Прогресс в области создания энергоэффективных и экологически чистых транспортных средств повысит уровень транспортного обслуживания и создаст предпосылки к улучшению качества жизни населения в городах. В частности, новые методы оценки вредного воздействия транспорта на окружающую среду будут способствовать созданию средств картографического мониторинга уровня загрязнения, включая инструменты прогнозирования потенциальных угроз для экологии. Ключевым эффектом от подобных инструментов станет возможность оптимально перераспределять транспортные потоки для минимизации ущерба окружающей среде и снижения загруженности улично-дорожной сети. Планомерное ужесточение экологических стандартов, необходимость повышения энергоэффективности транспортных средств ставят задачи по поиску альтернативных видов топлива, наиболее перспективными из которых являются природный газ и электроэнергия. В судоходстве применение природного газа снизит топливные затраты, что приведет к уменьшению тарифов на перевозку, обеспечит эксплуатацию судов в природоохранных зонах, где использование мазута и дизеля запрещено. Для железнодорожного транспорта сжиженный природный газ служит эффективной альтернативой электрификации путей, создавая значительные стоимостные преимущества на обширных территориях. Для автомобильного транспорта наиболее актуальна гибридизация с последующим полным переходом к электротяге, что улучшит эксплуатационно-технические показатели автомобилей за счет увеличения КПД силовой установки и уменьшения стоимости обслуживания. Растущий спрос на электромобили, а также развитие решений, направленных на минимизацию потерь доставки электроэнергии, станут импульсом к развитию эффективной заправочной инфраструктуры, требования которой к расположению, техническому оснащению и эксплуатации значительно ниже, чем у традиционных автозаправочных станций. Новые решения в области накопителей электроэнергии обеспечат скорость зарядки, сравнимую с традиционным способом заправки жидким или газообразным топливом. Высокая удельная емкость и меньшие массогабаритные характеристики аккумуляторов нового поколения повысят эффективность компоновки узлов автомобиля икратно увеличат пробег от одного цикла заряда. Для авиастроения основным трендом останется снижение шумовых показателей и повышение то-

птивной экономичности, в первую очередь за счет создания новых аэродинамических схем, разработки двигателей нового поколения и использования перспективных конструкционных материалов.

*Технологии интеллектуального управления  
и обеспечение безопасности транспортного комплекса*

Развитие технологий интеллектуального управления полностью изменит существующие представления о транспортном обслуживании населения. Автономные транспортные средства, их синхронизация с элементами интеллектуальной транспортной системы и «умной» инфраструктуры, широкое использование технологий коммуникации транспортных средств между собой и с инфраструктурой обеспечат радикальное увеличение пропускной способности дорог. Постепенное исключение людей из процесса управления транспортными средствами снизит вероятность возникновения человеческой ошибки, что обеспечит рост безопасности всего транспортного комплекса. Парадигма «умного» города, включающая централизованный информационный центр, взаимодействующий с объектами инфраструктуры и «интернетом вещей», создаст условия для реализации концепции «мобильность как услуга». Пользователи с помощью устройств носимой электроники смогут подключаться к сервисам транспортной интеграции и, свободно пересекаясь с одного вида транспорта на другой (автобус, трамвай, автомобиль, такси, самолет или круизный лайнер), оплачивать услуги в режиме реального времени в рамках гибких пакетов тарифов. При этом система будет самостоятельно рассчитывать оптимальный маршрут, основываясь на текущей транспортной ситуации.

*Технологии высокоскоростной  
транспортной перевозки пассажиров и грузов*

Повышение скорости перевозки пассажиров и грузов увеличит пропускную способность транспортных сетей и улучшит уровень связности территории. Особую важность высокоскоростное транспортное сообщение имеет на загруженных дальнемагистральных направлениях, где экономия времени наиболее очевидна, а спрос на маршрут подтверждает экономическую целесообразность. При этом высокоскоростной транспорт, несмотря на большую базовую стоимость перевозки, увеличит потребность населения в перемещении в туристическом сегменте. На рельсовом транспорте наиболее перспективны технологические решения, связанные с использованием магнитной левитации, которая минимизиру-



ет механическое сопротивление за счет устранения физического контакта колеса с рельсом, и систем транспортировки в околовакуумной среде, практически полностью исключаящей сопротивление воздуха, который является основным источником затрат энергии на высокой скорости. Повышение скорости авиационной техники произойдет благодаря совершенствованию и повышению энергоэффективности реактивных двигателей, способных обеспечить приемлемую топливную экономичность на сверхзвуковых скоростях.

## 5. Образование

### 5.1. Перспективы развития

Масштабы системы образования и уровень образованности населения, качество и фундаментальность образования традиционно считаются одними из основных конкурентных преимуществ России. По средней ожидаемой продолжительности обучения (15,7 года) она входит в 20% стран-лидеров; по доле населения со средним профессиональным или высшим образованием — в пятерку лидеров.

Образование — один из крупнейших секторов отечественной экономики. Его консолидированный годовой бюджет составляет около 4% ВВП. Объем рынка российского образования в 2016 г. достиг 1,8 трлн руб. Здесь работают свыше 5 млн чел. (8% занятых в экономике); численность граждан, обслуживаемых отраслью, превышает 30 млн чел. в год.

Уже в Концепции модернизации российского образования на период до 2010 г. был заложен мощный модернизационный потенциал, связанный с фундаментальными изменениями в управлении образованием и его финансировании, уровне его интернационализации, кадрового и инфраструктурного обеспечения; содержательным обновлением образовательных программ, внедрением новых образовательных стандартов, подходов к обучению и оценке качества образования, его интернационализацией.

В результате было обеспечено:

- повышение доступности уровней образования, улучшение инфраструктуры образовательных организаций;
- преодоление ряда негативных тенденций в кадровом обеспечении (старение персонала, снижение качества новых кадров).

В результате повышения заработной платы вырос социальный статус учителя, увеличился конкурс в педагогические вузы, поднялась доля работников, прошедших повышение квалификации и/или профессиональную переподготовку;

- введение нормативно-подушевого финансирования и объективной оценки образовательных результатов (Основного государственного экзамена и Единого государственного экзамена); повышение доступности программ высшего образования для представителей разных социальных слоев и жителей разных территорий;
- развитие системы признания неформального образования, полученного на рабочем месте и в результате самообразования;
- распространение онлайн-технологий на рынке образовательных услуг;
- повышение качества образования (удовлетворенность родителей качеством обучения их детей повысилась в 2008–2015 гг. с 74 до 81%). В 2016 г. выпускники российской начальной школы показали лучшие в мире результаты по грамотности чтения. Фиксируется устойчивый рост показателей российских школьников в международном исследовании PISA. Отечественные университеты вошли в международные рейтинги: в рейтинг THE 2016 г. попали 24 российских вуза (в 2012 г. — всего 2); в группы лидеров предметного рейтинга QS 2017 г. — 28 (в 2014 г. — 2);
- увеличение экспорта российского высшего образования (за 10 лет по численности обучающихся — почти втрое, по объему привлекаемых средств — в 4 раза);
- рост численности иностранных преподавателей и специалистов (пока они составляют лишь 1% от общей численности профессорско-преподавательского состава);
- повышение роли вузов в региональном развитии благодаря последовательной политике формирования в регионах центров превосходства (федеральные университеты, опорные университеты, научно-образовательные кластеры).

Достиженные результаты стали основой для дальнейшего прогресса самой системы образования, повышения его вклада в научно-технологическое и инновационное развитие страны, экономического роста.

Позитивным изменениям способствовал ряд макроэкономических факторов: рост платежеспособного спроса на образование, дешевизна услуг российского образования для иностранцев

на фоне девальвации рубля и др. Однако, несмотря на масштабные бюджетные вливания на реализацию различных «инициатив превосходства» в образовании, сохраняется проблема его недофинансирования со стороны государства и частного сектора. Хотя расходы бюджетов всех уровней на образование за 10 лет выросли более чем в 2,5 раза, по показателю их доли в ВВП (3,6% в 2016 г.) Россия находится в конце первой сотни стран мира. Масштабы недофинансирования образования даже для текущей деятельности по существующим образовательным стандартам оцениваются примерно в 1% ВВП.

<b>Сдерживающие факторы</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная капитализация высокого образовательного потенциала населения: в группе стран с высоким охватом высшим образованием у России самый низкий показатель объема ВВП на душу населения</li> <li>• Медленная реакция системы среднего профессионального и высшего образования на меняющиеся требования рынка труда, что приводит, с одной стороны, к дефициту трудовых ресурсов в перспективных, быстрорастущих секторах экономики, с другой — к неэффективности использования существенной части понесенных затрат</li> <li>• Слабые и малоэффективные взаимосвязи образовательных, научных организаций и бизнеса, неразвитость кластеров для активного внедрения передовых методов обучения, передачи опыта и знаний, трансфера новых технологий</li> <li>• Неготовность многих образовательных организаций к удовлетворению спроса населения на программы обновления квалификаций. Наблюдается трехкратное отставание по уровню охвата населения такими программами (17%) от среднего по ОЭСР</li> <li>• Разбалансированность системы формирования инженерных и предпринимательских компетенций, гиперконцентрация на подготовке научных кадров</li> <li>• «Герметичность» системы образования по отношению к внешним воздействиям и смежным сферам (предпринимательству, культуре, искусству, спорту); слабость связей с такими заинтересованными потребителями образовательных услуг, как работодатели, родители и местные сообщества, которые пока не могут выступать в качестве квалифицированных заказчиков по отношению к системе образования</li> <li>• Чрезмерная регламентация образовательного процесса (фокус на исполнение требований директивных документов, отсутствие инструментов и стимулов развития интереса, мотивации, ответственности и инициативы у учащихся, ценности самостоятельного образования)</li> </ul>

### Сдерживающие факторы

- Низкая гибкость организационных форматов — не получила развития практика разделения «длинных» образовательных программ на короткие подпрограммы с получением «микростепеней» сетевого взаимодействия; повышения многофункциональности образовательных организаций; сильно дифференцированы программы профессионального образования (число узких направлений подготовки в десятки раз превышает показатели развитых стран)
- Неготовность кадров к решению новых задач и их низкий инновационный потенциал. Значительная часть управленческих и педагогических кадров не проявляют инициативы, не обновляют компетенции, не мотивированы на инновации, профессиональный рост, лидерство, приобретение навыков управления изменениями. При подготовке педагогов не всегда учитываются новые технологические возможности
- Незаинтересованность (неспособность) большинства вузов развивать современные методологические концепции и технологии, позволяющие получать конкурентоспособные образовательные продукты, укреплять позиции в мировом образовательном пространстве, добиваться глобальной конкурентоспособности
- Недоиспользование экспортного потенциала образования из-за нерешенных проблем с миграционным законодательством, признанием российских дипломов за рубежом и зарубежных в России, инфраструктурных (дефицит жилья, неудовлетворительное материально-техническое обеспечение образовательных организаций) и финансовых (высокая стоимость, недостаточная стипендиальная поддержка) барьеров
- Отставание в цифровой трансформации образования (новые возможности цифровых технологий не поддерживаются, сохраняются барьеры для их внедрения)

### Глобальные тренды

В образовательной повестке ведущих стран выделяются несколько основных трендов, которые будут иметь ключевое значение в прогнозном периоде.

Массовизация образования приводит к усилению бюджетных ограничений и снижению отдачи от инвестиций в эту сферу.

Инклюзивность и доступность образования, реализация концепции «образования для всех» предполагают гибкий подход к образовательной деятельности (учет индивидуальных потребностей и особенностей обучающихся, равенство образовательных возможностей для всего населения, в том числе пожилых граждан,

лиц с ограниченными возможностями и особенностями развития; поиск и поддержка талантливой молодежи).

Ориентация на непрерывное образование (в течение всей жизни) обусловлена динамикой технологических изменений, требующих от работника постоянного обновления знаний и навыков. Эта тенденция подкрепляется увеличением продолжительности активной трудовой деятельности лиц старшего возраста, что усиливает спрос на соответствующие образовательные услуги.

Еще один тренд — глобализация образования, включая онлайн-образование (Massive Open Online Courses, MOOC) и развитие экспорта образовательных услуг. Быстрое развитие технологий, транспортных возможностей, повышение толерантности и ассимиляция культур приводят к росту академической мобильности. Это оказывает влияние на международные позиции страны как поставщика образовательных услуг, привлечение иностранных инвестиций (в том числе крупных компаний), способствует культурологической экспансии стран — экспортеров образования. Наряду с мобильностью (в 2015 г. насчитывалось 4,6 млн иностранных студентов по всему миру), растет охват студентов трансграничными онлайн-программами (13 млн обучающихся). Глобальными трендами становятся «университет для миллиарда» на таких платформах, как Coursera, edX, Uniweb, российская Национальная платформа открытого образования; развитие онлайн-курсов университетов. На этом фоне ограниченность возможностей (в том числе финансовых) участия в очном образовании приведет к снижению его популярности. В частном секторе внимание будет уделяться использованию возможностей интернета.

Происходит ориентация на персонализированное обучение и оценку (adaptive learning and assessment) и цифровизация образования. Международная повестка предусматривает проработку вопросов повышения эффективности использования передовых технологий в обучении, адаптации образовательной системы к цифровой среде, этических аспектов использования ИКТ в образовании. Реализация адаптивного образования и оценки, персонализация образовательного контента позволяют учитывать потребности, уровень и интересы обучающегося. Кардинально меняется роль преподавателя/педагога, который перестает быть «репродуктором» и становится наставником, навигатором в образовательном процессе.

Интенсификация развития образования на ранней ступени обеспечивает экономические и социальные дивиденды, включая усиление инновационного и исследовательского потенциала, лучший индивидуальный старт.

Развитие «сквозных» и многофункциональных компетенций, повышающих возможности трансфера знаний, адаптации и усиления конкурентоспособности на рынке труда, обеспечивает интеграцию профессиональных и социальных навыков. Междисциплинарности в образовании, пересмотру содержания образовательных программ будет способствовать конвергенция технологий. Повышается важность естественно-научных дисциплин, подкрепленных творческим подходом (STEAM: STEM+arts), что способствует формированию инновационной культуры, стимулированию креативного мышления.

В ответ на опережающие темпы технологических изменений меняются содержание и принципы «пакетирования» образовательных программ. Консервативный подход — постепенное обновление программ вслед за изменением технологий — становится неэффективным. Акцент в образовании смещается с передачи знаний к наставничеству и развитию навыков непрерывного самостоятельного обучения. Изменяется соотношение между сжимающимся «ядром» образовательной программы и расширяющимися дополнительными образовательными возможностями, наблюдается бурный рост программ дополнительного образования для всех возрастов, в том числе в рамках сетей самообразования и взаимного обучения.

Расширяется «третья» миссия университетов (предпринимательская и инновационная активность, социальная ответственность, повышение роли в региональном развитии), растет эффективность взаимодействия в «треугольнике знаний» (образование — наука — инновации/бизнес).

### **Окна возможностей**

В краткосрочном периоде — обеспечение новой всеобщей грамотности (цифровой, финансовой, правовой, медицинской, экологической); интернационализация образования, расширение экспорта образовательных услуг; увеличение вклада колледжей и вузов в инновационное развитие в формате проектного подхода, технопарков, бизнес-инкубаторов, малых инновационных компаний.

В среднесрочном периоде — развитие системы непрерывного обновления квалификации работников в целях обеспечения соответствия технологическому уровню экономики, новых образовательных форматов (дистанционного, корпоративного, неформального обучения), способов подтверждения уровня освоения образовательных программ и профессиональной квалификации; рост производства персонализированного образовательного контента; интенсивное развитие научных исследований в вузах и их интеграция с образовательными программами; сквозная цифровизация всей системы образования, включая разработку цифровых систем управления образовательным процессом, систем адаптивного обучения на основе искусственного интеллекта и больших данных.

В долгосрочном периоде — занятие значимых позиций на глобальных образовательных рынках, включая онлайн-платформы, дополнительное и корпоративное образование; реализация индивидуального и непрерывного подхода в образовании с учетом особенностей групп обучаемых, в том числе отстающих, пожилых, с ограниченными возможностями, из малообеспеченных семей; использование технологий для развития образовательной инфраструктуры нового поколения; смена моделей детства; трансформация образа жизни.

## Угрозы

В краткосрочном периоде — чрезмерная бюрократизированность, патернализм образования, низкая гибкость организационных форматов; бюджетный дефицит в отрасли; стагнация международной академической мобильности вследствие сложной геополитической ситуации.

В среднесрочном периоде — неспособность привлечь в образование частные инвестиции; низкий уровень инновационности экономики, цифровой грамотности и развития навыков XXI в. у населения; подготовка кадров по специальностям, не востребованным на рынке, вследствие устаревания образовательной инфраструктуры и образовательных программ.

В долгосрочном периоде — вытеснение традиционных форматов учебных материалов; полная смена роли преподавателя; сохранение ориентации образования на внутренний рынок; интенсификация оттока интеллектуального капитала за рубеж; утрата русским языком конкурентного статуса привлекательного языка

образования; распространение нейроинтерфейсов и психофармацевтики как субститута инструментов естественного развития интеллектуальных, профессиональных и культурных качеств личности.

### **Традиционные рынки**

Высокие темпы роста — новые форматы образовательных организаций, включая платформы онлайн-обучения, центры профессиональных сообществ, глобальные проектные исследовательские университеты, где формируются собственные образовательные стандарты, позиционирующиеся на мировом рынке, и концентрируются лидирующие мировые проектные и исследовательские коллективы; образовательные программы по ключевым компетенциям и новой грамотности (навыкам XXI в.) в рамках формального (среднего, высшего), дополнительного образования, повышения квалификации, в том числе образования взрослых; услуги «тренинга тренеров» (переподготовки педагогов); продвижение бренда российского образования на рынках экономически развитых стран.

Средние темпы роста — продолжение и расширение «инициатив превосходства» в развитии проекта «5–100»; платформы для поддержки взаимодействия системы образования (школы, вузы, организации среднего профессионального образования) с бизнесом и городом/регионом — реальные и виртуальные площадки для совместных проектов, коммуникационные инструменты; удержание позиций на традиционных зарубежных рынках образования (СНГ, ближнее зарубежье, развивающиеся страны).

Низкие темпы роста — традиционные модели (программы) классического и отраслевого образования; традиционные сегменты зарубежных рынков.

### **Новые перспективные рынки**

Высокие темпы роста — англоязычный инновационно и технологически насыщенный рынок образования на базе передовых технологических и методических достижений, включая средства интеллектуального и адаптивного управления образовательным процессом, инновационные учебные материалы и средства оценки результатов обучения; программы повышения квалификации и дополнительного профессионального образования для иностранных учащихся и специалистов.



Средние темпы роста — рынки образования, дополняющие традиционные образовательные институты, основанные на реализации подходов непрерывного образования, включая взаимное образование и самообразование, а также программы обучения, ориентированные на пожилых и лиц с ограниченными возможностями.

## **5.2. Спрос на компетенции кадров**

Требования к компетенциям работников коренным образом меняются под воздействием цифровизации экономики, автоматизации и роботизации производства и сферы услуг. Достижения в области искусственного интеллекта, в частности усовершенствование алгоритмов машинного обучения, сделали возможной автоматизацию не только физически тяжелой, механической и небезопасной работы, но и рутинного интеллектуального труда. Вследствие этого во многих отраслях экономики началось снижение спроса на специалистов средней квалификации, вспомогательный персонал. Происходит структурная перестройка рынка труда, его ускоренная поляризация — усиливается разрыв между кадрами высокой и низкой квалификации. Потребность в профессиях с низкой интеллектуальной и творческой составляющей уменьшается; создающиеся рабочие места требуют, как правило, более высокой квалификации и продвинутых навыков. Ожидается, что к 2030 г. роботизированные системы смогут в совершенстве выполнять как минимум треть задач по 60% существующих профессий. В среднесрочном периоде это в меньшей степени затронет виды деятельности, где ключевую роль играют накопленный опыт и коммуникативные навыки (управление большими коллективами, поддержка принятия комплексных управленческих решений и т.п.). Проблема использования высвобождающейся низкоквалифицированной рабочей силы становится серьезным социальным вызовом: во многих странах в качестве альтернативы занятости обсуждается введение универсального базового дохода.

Трансформируется содержание понятия «профессия»: на смену жестко фиксированному и сохраняющемуся на всю жизнь набору знаний, которыми должен обладать работник, получивший подготовку по определенной специальности, приходит динамически меняющийся профиль — «портфель» компетенций, модифицирующийся вслед за технологическими и организационными трансформациями. Динамика спроса на мировом рынке труда

свидетельствует о том, что, например, традиционные управленческие компетенции (развитие бизнеса, управление коммуникациями, подбор персонала, маркетинг в социальных сетях, цифровой и интернет-маркетинг и др.) уже не входят в «топ» запросов работодателей. На первые позиции выходят требования по анализу и презентации данных, цифровые навыки, включая умение работать с большими объемами информации, эффективно решать задачи в условиях технологически насыщенной среды, адаптацию к использованию новых технологических решений. Если ранее цифровые технологии использовали преимущественно ИТ-профессионалы, то сегодня в мире около 90% сотрудников крупных и средних компаний, более двух третей работников из малого бизнеса пользуются интернетом и программными средствами для выполнения рабочих задач. Умение применять технологии облачных и распределенных вычислений, владение методами статистического анализа стабильно востребованы компаниями — мировыми лидерами в области высоких технологий. Усиливается важность навыков из группы STEM (естественные науки, технологии, инженерия, математика) для более широкого круга специалистов и одновременно растет спрос на «мягкие» (социальные, личностные) навыки, которые сказываются на стиле и эффективности работы.

Новые технологии позволяют вводить организационные инновации, которые меняют природу рабочего места, создают новую модель кадрового обеспечения. Распространение ИКТ способствует использованию различных форм удаленной (дистанционной) деятельности, коворкингов, телеконференций, краудсорсинга. Возникновение и популяризация фриланс-бирж, позволяющих упростить взаимодействие большого числа заказчиков и профессионалов-фрилансеров, обеспечивают взрывной рост востребованности онлайн-труда во всем мире. Облачные технологии сделали возможной командную удаленную работу над общим заданием в режиме реального времени без привязки к месту, организацию «облачных лабораторий». Компании все чаще нанимают внештатных сотрудников, что позволяет оптимизировать масштаб деятельности в соответствии с текущими потребностями. На рынке труда специалисты конкурируют между собой не только в рамках города или страны, но и с любыми специалистами, готовыми предложить работодателю более дешевый или более квалифицированный труд. Появляется возможность найма на мировом рынке труда уникальных специалистов узкого профи-

ля, обладающих компетенциями, необходимыми для конкретного проекта.

Дальнейшая трансформация моделей занятости будет происходить за счет распространения практик совместного найма сотрудников и разделения их труда. Оптимизация затрат стимулирует не только малый и средний, но и крупный бизнес приобретать не все время специалиста, а только его часть, особенно если речь идет об узкоспециализированных сотрудниках. Одновременно при реализации сложных, комплексных проектов на одну должность могут наниматься несколько специалистов. Подобный формат позволяет увеличить численность занятых и используется как альтернатива увольнению для работников, не желающих или не имеющих возможности работать полный день. Компании, в свою очередь, получают возможность удержать нужных специалистов путем введения гибкого графика с учетом их жизненных предпочтений. Эта модель может получить широкое распространение благодаря повышению прозрачности рынка труда, связанному с использованием новых технологий (например, распределенных реестров информации), и стремительно растущему спросу высококвалифицированных сотрудников на разумный баланс между работой и личной жизнью.

Продление периода трудоспособности становится заметным трендом ближайшего будущего. Из-за роста числа лиц пожилого возраста возникает проблема их интеграции в экономические и социальные процессы. В период до 2030 г. стоит ожидать обострения конкуренции молодого и старшего поколений на рынке труда. Более активному вовлечению пожилых будут способствовать возможность работать удаленно, по гибкому графику, поэтапный выход на пенсию.

Серьезные угрозы связаны с сокращением численности экономически активного населения на фоне общего старения рабочей силы. Согласно демографическим прогнозам, в России в период 2015–2030 гг. сокращение составит около 5,6 млн чел. На 8,5 млн чел. (23%) уменьшится когорта молодых (16–40 лет); численность населения старше 40 лет вырастет примерно на 2,9 млн. Повышение демографической нагрузки на трудоспособное население потребует более активного вовлечения в экономику лиц старшего возраста, совершенствования механизмов их адаптации и переподготовки. При этом в России к переобучению готов только каждый четвертый пожилой гражданин. Однако, поскольку в пенсионный возраст входят профессионалы с высокими адаптивными

способностями, которые начинали работать в 1990-х годах, негативные стереотипы работодателей в отношении «возрастных» сотрудников будут постепенно смягчаться.

Сохраняется угроза «утечки умов» в страны с более высоким уровнем оплаты труда и качеством жизни. Недостаточно развита культура инвестирования в подготовку и переподготовку работников в организациях. Остается не налаженной коммуникация между предприятиями и образовательными организациями в части требований к профессиональным качествам специалистов. На рынке труда оказываются работники, обладающие невостребованными и не соответствующими трендам научно-технологического и инновационного развития компетенциями, при одновременном недостатке актуальных знаний и навыков. По данным ОЭСР, только 5,5% взрослого населения России обладают цифровой грамотностью в полной мере; одна пятая вообще не имеют опыта работы с компьютером. Практически отсутствуют региональные точки притяжения инновационной и проектной активности, наблюдается центроостремительная миграция талантов, в результате качественный человеческий капитал концентрируется преимущественно в агломерациях. Иностранцы трудовые мигранты в подавляющем большинстве не квалифицированы, уровень их образования и знания русского языка в последние годы снижается.

Россия не попадает в фарватер требований к компетенциям по таким базовым направлениям научно-технологического развития, как биотехнологии и робототехника: отечественные работодатели в подавляющем большинстве не могут сформулировать четких требований к сотрудникам, ограничиваясь более общими формулировками (высшее профильное образование, знание языков, коммуникативные навыки и др.). Мировые компании-лидеры, наоборот, задают специфические стандарты. Так, для работы в области биотехнологий обязательны знание методов в области молекулярной биологии, биофармацевтики, биохимии, иммунологии, клеточной биологии, биоинформатики, геномики, медицинской химии и владение широким спектром цифровых навыков, включая анализ и интерпретацию медико-биологических данных, языки программирования и т.п.

Самыми важными компетенциями в области робототехники являются программирование, умение обращаться с контроллерами и микроконтроллерами и знания в области проектирования человеко-машинных интерфейсов. Зарубежные работодатели чаще предъявляют конкретные требования к «цифровому кругозору» в

области робототехники — информированности о принципах работы искусственного интеллекта, компьютерного зрения, машинного обучения, знанию соответствующих языков программирования и специализированных программ. Наряду с цифровыми навыками важны умение работать с физическими компонентами роботов и понимание того, как обеспечить работоспособность конкретного устройства. В мире растет спрос на навыки, связанные с самостоятельной работой, — критическое мышление, стрессоустойчивость, мотивированность, эффективное планирование рабочего времени, многозадачность (быстрое переключение с одной задачи на другую, участие в нескольких проектах одновременно).

### **Окна возможностей**

- Развитие системы непрерывного образования (с акцентом на переобучение лиц старшего возраста, развитие у них компетенций, соответствующих запросам современной экономики, в том числе цифровых).
- Стимулирование профессиональной и территориальной мобильности работников, «тонкой подстройки» образовательных программ под перспективные направления научно-технологического развития.
- Создание условий для привлечения высококвалифицированной рабочей силы с международного рынка труда.
- Повышение доступности и качества медицинских услуг в целях продления периода активной трудовой деятельности.

Наиболее востребованными компетенциями высококвалифицированных кадров с учетом перспективных направлений научно-технологического развития в прогнозном периоде станут следующие:

- ИКТ — владение методами реализации распределенных алгоритмов; владение методами интеллектуального анализа данных (data mining); знания в области глубокого машинного обучения; навыки решения задач обработки естественного языка; компетенции в области когнитивных вычислений; навыки проектирования нейроинтерфейсов; знания в области управления информационной безопасностью; навыки применения технологий распределенного реестра;
- цифровое производство и новые материалы — владение методами компьютерного моделирования процессов и материалов, в том числе конструкционных, функциональных и метамате-

- риалов; навыки проектирования и разработки дизайна систем дополненной и виртуальной реальности; навыки в области проектирования робототехнических систем и средств автоматизации; знания и практические навыки в области применения аддитивных технологий (разработка оборудования, программного обеспечения, материалов);
- биотехнологии — знания в области нейротехнологий; знания в области управления биологической безопасностью; владение методами обработки больших массивов медико-биологических данных; знания в области экологической биотехнологии; знания и практические навыки в области клеточной и синтетической биологии; владение молекулярно-генетическими методами, включая знание технологий геномного редактирования;
  - космические системы — владение методами обработки и интеграции данных аэрокосмического мониторинга; навыки проектирования ремонтных и рециркуляционных систем для космических аппаратов; знания и практические навыки в области моделирования космических миссий и операций, в том числе с применением технологий дополненной реальности; навыки организации проведения экспериментально-испытательных работ; знания в области разработки бортовых систем искусственного интеллекта; знания в области навигации робототехнических комплексов космического назначения; навыки в области разработки технологий автоматизированного измерительного комплекса;
  - здоровье — навыки обработки больших медицинских данных; владение методами в области клинической генетики; владение методами в области тканевой инженерии; навыки моделирования и визуализации биологических объектов; знания и практические навыки в области разработки ассистивных информационных технологий; навыки проектирования роботизированных систем медицинского назначения; навыки управления лабораторными системами;
  - продовольствие — владение методами интеграции больших агроданных; навыки моделирования и визуализации биологических объектов; владение методами селекции и биоинженерии; навыки моделирования сенсорных сетей; знания в области организации городского сельского хозяйства; навыки в области управления логистикой АПК; компетенции в области рециклинга отходов пищевой промышленности;

- природные ресурсы и окружающая среда — знания и практические навыки в области обеспечения экологической безопасности, управления экологическими рисками; знания и практические навыки в области безопасности разведки и добычи природных ресурсов; владение методами проектирования роботизированных систем для целей эффективной эксплуатации месторождений;
- новая энергетика — компетенции в области проектирования цифровых активно-адаптивных энергетических систем; знание методов обработки больших массивов геофизической информации; навыки в области разработки решений по снижению энергоёмкости в экономике и жилом секторе; компетенции в области производства и управления ветроэнергетическими установками, оборудованием, работающим на солнечной энергии; знания и навыки в области проектирования «зеленых» зданий (зданий с нулевым или низким потреблением воды, электроэнергии, тепла);
- транспортные системы — знания и навыки в области проектирования интеллектуальных транспортно-логистических систем; знания в области применения альтернативных силовых установок для транспортных средств; знания и навыки в области разработки решений для накопителей электроэнергии; навыки управления безопасностью транспортного комплекса; компетенции в области разработки программного обеспечения для реализации технологий «умного» города; навыки в области управления экологическим ущербом, связанным с функционированием транспортного комплекса; знания в области разработки автономных транспортных средств; знания в области применения перспективных конструкционных материалов.

В зависимости от выбора сценария научно-технологического развития более динамично будут развиваться те или иные области науки и технологий, что, в свою очередь, определит спрос на кадры и компетенции, необходимость готовить специалистов соответствующего профиля.

Среди ключевых компетенций, которые необходимо развивать в рамках подготовки и переподготовки специалистов для реализации целей научно-технологического развития:

- профессиональные знания и навыки: осведомленность о новейших достижениях научно-технологического развития; цифровые навыки, навыки сбора и обработки информации,

- умение работать с большими массивами данных; владение специальными методами и техническими приемами в соответствующей сфере; умение адекватно применять теоретические знания и техники на практике; знание возможностей применения материалов/препаратов в соответствующей области;
- организационно-управленческие навыки: навыки проектной работы; знание организации сферы ИР, бизнеса и рынков конечной продукции в соответствующей сфере; знание систем регулирования, норм и стандартов (в том числе международных), включая основы регулирования интеллектуальной собственности;
  - социальные и личностные («мягкие») навыки: кросс-культурные компетенции, включая навыки сотрудничества с ведущими зарубежными научными центрами, учеными; знание иностранных языков; междисциплинарная коммуникация; принятие решений в условиях неопределенности; творческое и критическое мышление, когнитивная гибкость; системный подход к решению задач; работа в команде, сотрудничество с коллегами, умение находить компромиссные решения, эмоциональный интеллект; навыки тайм-менеджмента; навыки подготовки и проведения презентаций, публичных выступлений.

## 6. Наука

### 6.1. Оценка достигнутого уровня

Россия обладает одним из крупнейших в мире научно-технических комплексов, занимающим ведущие позиции на глобальной арене: 10-е место по объему внутренних затрат на ИР, 6-е — по величине бюджетных ассигнований на гражданскую науку, 4-е — по численности занятых в сфере ИР. Его конкурентные преимущества заключаются в масштабах, высокой квалификации исследователей, наличии ведущих научных школ, результатов мирового класса во многих областях: физике, математике, науках о Земле, нанотехнологиях и материаловедении, атомной промышленности, освоении космоса, авиастроении и др. Вместе с тем потенциал развития в этой сфере постепенно снижается из-за сохранения высокой степени замкнутости науки как сектора экономики, слабого проникновения в нее полноценных рыночных отношений.



Все отчетливее проявляются системные проблемы, обусловленные как незавершенностью экономических и институциональных преобразований, так и кризисными явлениями в экономике в связи с изменениями конъюнктуры мировых рынков и геополитической ситуации.

### **Социальные эффекты науки**

Результаты научно-технологического прогресса оказывают существенное влияние на повседневную жизнь общества, в значительной степени поддерживая качественный уровень жизни населения (состояние здоровья, продолжительность жизни, доступность технологий, профессиональные компетенции и др.) и одновременно удовлетворяя его возрастающие и меняющиеся запросы.

Большинство россиян в целом позитивно оценивают роль науки и технологий для общества. Доля граждан, отмечающих пользу научно-технических достижений, выросла с 59% в 1996 г. до 83% в 2016 г. Однако многие (84,5%) опасаются стремительного технического прогресса, считая, что он способен привести не только к благам, но и к потенциальным угрозам для общества, помимо прочего снижая ценность духовной стороны жизни. Подобное восприятие, возможно, связано с низкой информированностью населения о последних научно-технических достижениях (14% в 2016 г., что вчетверо уступает среднему по странам ЕС уровню).

Успешность науки в конечном счете определяется отношением к ней общества. Социальный престиж научной карьеры остается в России крайне низким. В последние годы наметилась тенденция к увеличению доли молодежи в общей численности исследователей, однако профессия ученого по-прежнему не считается привлекательным карьерным выбором. В 2016 г. лишь около трети (32%) населения были бы рады, если бы их дети решили стать научными работниками (в США и Израиле аналогичная величина достигает 80 и 77% соответственно). Поскольку население выступает не только потребителем результатов, но и поставщиком кадров для научно-технической сферы, актуальными задачами становятся популяризация науки, повышение научной грамотности населения и вовлечение его в формирование национальной исследовательской повестки.

### **Вклад науки в развитие экономики**

Прямой экономический эффект от научно-технической деятельности связан в первую очередь с востребованностью ее резуль-

татов бизнесом и его готовностью принимать участие в финансировании ИР.

Для сложившейся в России модели финансовой поддержки науки характерна слабая в целом активность компаний, что заметно отличает нашу страну от других передовых экономик. В большинстве развитых и быстроразвивающихся государств средства организаций предпринимательского сектора служат основным источником финансирования ИР: в США на них приходится 64,2% внутренних затрат, в Германии — 65,6%, во Франции — 55,7%, в Китае — 74,7%. В России, несмотря на рост данного показателя в 2016 г. по сравнению с уровнем 1995 г. в 2,2 раза в постоянных ценах, доля бизнеса как источника финансирования науки сократилась за этот период с 33,6 до 28,1%.

Крупнейшим источником поддержки российской науки остаются средства государства (преимущественно федерального бюджета): их доля в общем объеме затрат в 2016 г. — 68,2% (643,4 млрд руб.). За период 1995–2016 гг. увеличился как их абсолютный объем (в 2,9 раза в постоянных ценах), так и доля в общих внутренних затратах на ИР (на 6,7 п.п.). В среднем по странам ОЭСР участие государства существенно ниже и постепенно сокращается (с 34% в 1995 г. до 26,2% в 2015 г.).

Усилению конкурентной борьбы на внешнем и внутреннем рынках способствуют процессы создания новых технических решений. Так, в 2001–2016 гг. число разработанных в России передовых производственных технологий выросло с 637 до 1534 (в 2,4 раза), а доля решений, не имеющих мировых аналогов, составляла в этот период в среднем 9,9%.

Наблюдается рост активности в области экспериментальных разработок, но темпы вовлечения результатов инновационной деятельности в экономику страны остаются невысокими. В 2016 г. было зарегистрировано 2,9 тыс. договоров о предоставлении лицензий и отчуждении прав, предметами которых являются интеллектуальные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, это немного выше уровня десятилетней давности. В качестве позитивного аспекта развития внутреннего рынка результатов инновационной деятельности рассматривается рост числа указанных в договорах патентов более чем на 20% в сравнении с 2007 г. (с 5,5 до 6,6 тыс.). В 2016 г. лидирующие позиции в этом отношении сохранились за такими областями, как энергетика и электротехника (409 договоров), химия и нефтехимия (406), медицина (379), электроника, вычислительная техника

и приборостроение (315 договоров). В общей сложности доля указанных областей превысила половину всего массива зарегистрированных договоров.

Торговля технологиями и услугами технологического характера России на мировом рынке не достигла значительных масштабов. Объемы российского экспорта и импорта технологий крайне малы: в 2016 г. — 1,3 и 2,5 млрд долл. соответственно. По величине экспорта наша страна занимает лишь 26-ю позицию в рейтинге ОЭСР, между Португалией (1,8 млрд долл.) и Грецией (0,8 млрд долл.), импорта — 24-ю, между Польшей (3,1 млрд долл.) и Чешской Республикой (2,4 млрд долл.).

В стране наблюдаются опережающий рост импорта технологий над экспортом и пассивный платежный баланс. Если объемы российского экспорта технологий в текущих ценах выросли за период 2000—2016 гг. в 6,3 раза, то импорта — в 13,7. В 2016 г. по сравнению с 2015 г. импорт увеличился на 13,3%, экспорт сократился на 22,8%. Отрицательное сальдо платежей за технологии в 2016 г. составило 1,2 млрд долл.

Неэффективный характер внешней торговли технологиями обусловлен преобладанием в экспорте неохраноспособных результатов инновационной деятельности и услуг технологического характера, стоимость которых существенно ниже стоимости объектов исключительных прав. Удельный вес сделок по экспорту охраняемой интеллектуальной собственности в 2016 г. не превышал 7,4% от их общего числа, в то время как ее доля в структуре импорта достигла 16,5%.

Инновационный потенциал российской науки пока не стал ресурсом, определяющим экономическое развитие страны. За период 2001—2016 гг. число используемых передовых производственных технологий увеличилось с 80,1 до 232,4 тыс. (в 2,9 раза). При этом число запатентованных изобретений в используемых технологиях составило 9,6 тыс. (одно изобретение на 24 технологии). Более половины (54,7%) применяемых технических решений в 2016 г. приобретены в России, порядка трети (29,5%) — за рубежом.

Научные организации недостаточно вовлечены в процессы превращения знаний в новые продукты и не проявляют заметной активности в продвижении научно-технических результатов. В 2015 г. только 18% организаций, выполнявших ИР, имели технологические инновационные проекты, внедренные в реальном секторе экономики, что ниже аналогичного показателя за 2011 г. на 2,9 п.п. Спад интенсивности внедренческой деятельности ис-

следовательских организаций связан с общим снижением инновационной активности в экономике страны и невосприимчивостью бизнеса даже к завершённым разработкам. В 2015 г. 9,7% научных организаций имели готовые к практическому применению, но не реализованные научно-технические результаты (более 3 тыс. проектов).

В настоящее время потенциал науки для экономического развития сдерживается в том числе общеэкономической ситуацией и сложившейся спецификой отечественного бизнеса. В 2016 г. технологические инновации реализовывали 9,2% предприятий промышленного производства; удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем их объеме составил 8,4%, а затраты на инновации — только 1,8% общего объема отгруженной продукции. Специализированные научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения имеет в среднем каждое десятое предприятие промышленного производства. Более трети (37,6%) предприятий, внедрявших технологические инновации, осуществляли затраты на ИР (в общей сложности — 183,5 млрд руб., или 23,6% общих затрат на технологические инновации). Технологические инновации в рамках совместных проектов с научными организациями осуществляли 12,9% предприятий промышленного производства, с российскими вузами — около 8%.

В деятельности российских предприятий доминируют бизнес-стратегии, не ориентированные на ИР и инновации. Для перелома этого многолетнего тренда необходимо обеспечение рамочных условий инновационной деятельности — улучшение делового и инвестиционного климата, снижение административных барьеров, развитие конкуренции и других мер, способствующих усилению роли инновационной и технологической составляющей в достижении коммерческого успеха предприятий.

### **Результативность науки**

Уровень и динамика публикационной активности свидетельствуют о повышении «заметности» России в глобальном исследовательском пространстве. За период 1993—2016 гг. удельный вес работ отечественных ученых в общемировом потоке публикаций в журналах, индексируемых в ведущих мировых базах научного цитирования, заметно менялся. После продолжительного спада вплоть до 2013 г. доля российских статей, индексируемых в Web of Science, начала расти и в 2016 г. достигла 2,7% от их общемирово-

го числа (46,3 тыс.). Это позволило стране отчасти вернуть утраченные позиции и достигнуть целевых значений, установленных в майских (2012 г.) указах Президента Российской Федерации. В 2016 г. Россия заняла 14-ю позицию в мировом рейтинге публикационной активности, между Бразилией (13-е место) и Нидерландами (15-е), опередив Иран, Турцию и Швейцарию (16, 17 и 18-е места соответственно). При сохранении наблюдаемых темпов роста публикационной активности отставание от стран-лидеров представляется вполне преодолимым.

По числу цитирований, которое свидетельствует о профессиональном признании результатов проводимых исследований, статьи отечественных авторов заметно уступают работам ученых из многих зарубежных стран. За 2007–2016 гг. статья российского ученого цитировалась в среднем 5,8 раза, что почти втрое реже, чем у авторов из стран Евросоюза и США. В результате в 2016 г. Россия заняла лишь 24-е место в глобальном рейтинге по этому показателю (в 2007 г. — 17-е). Лидерами по числу цитирований в расчете на одну публикацию (среди стран, сопоставимых с Россией по уровню публикационной активности) оказались Швейцария (19,4), Нидерланды (18,4), Тайвань (9,6) и Республика Корея (9,4).

Участие российских авторов в формировании глобальных исследовательских фронтов остается малозаметным. По состоянию на конец 2016 г. в мире насчитывалось 8904 кластера наиболее высоко цитируемых публикаций, из них всего 316 содержали работы с участием авторов из нашей страны (3,5%; 30-я позиция в общем рейтинге). Пятерку лидеров образуют США, Великобритания, Германия, Китай и Франция.

Наблюдается повышение активности на внутреннем рынке интеллектуальной собственности. Общее число патентных заявок на изобретения, поданных в Роспатент, с 2000 по 2016 г. выросло почти в 1,5 раза — с 28,7 до 41,6 тыс. Однако этот рост был обеспечен в первую очередь иностранными заявителями. Число поданных ими патентных заявок увеличилось втрое, тогда как российских изобретателей — лишь на 15%. В итоге доля заявок иностранных заявителей в России в 2016 г. составила 36% (против 19% в 2000 г.). Наибольшую активность проявили заявители из США, Германии, Японии, Китая, Франции, Швейцарии и Нидерландов.

В свою очередь уровень патентной активности отечественных заявителей за рубежом свидетельствует о слабых позициях россий-

ских разработчиков на внешних рынках интеллектуальной собственности. В 2016 г. число патентных заявок, поданных российскими резидентами в зарубежные патентные ведомства, составило 4,7 тыс. Несмотря на значительный рост, по данному показателю Россия уступает не только большинству экономически развитых стран, но и ряду быстроразвивающихся государств, в частности Китаю (52,2 тыс.) и Индии (12,6 тыс. заявок).

По данным Всемирной организации интеллектуальной собственности, Россия снизила позиции в международном рейтинге патентной активности, переместившись с 8-го места в 2000 г. на 10-е в 2016 г. По общему числу патентных заявок, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом, лидируют Китай, США, Япония, Республика Корея, Германия, Франция, Великобритания, Швейцария и Нидерланды.

### **Специализация российской науки**

Сравнение публикационного профиля отечественной науки с мировой указывает на существенные различия в приоритетах ИР. По данным Web of Science, по числу публикаций за 2012–2016 гг. в мире лидировали клиническая медицина и химия (18 и 11% статей соответственно). Что касается работ российских ученых, крупнейшими областями оказались физика и химия (26 и 21% соответственно). В структуре российских исследований скромное по глобальным меркам место занимают науки о жизни: на них приходится менее 20% научных статей, в то время как в мире — свыше 40%.

На протяжении многих лет научная специализация России практически не менялась. К устойчивым областям концентрации исследовательских усилий относятся физика (индекс специализации, рассчитанный для публикаций 2012–2016 гг., — 3,6), науки о космосе (3,4), науки о Земле (2,3), математика (2,0), химия (1,8) и материаловедение (1,3). По ряду направлений, пока не входящих в области научной специализации нашей страны, число отечественных публикаций растет темпами, опережающими среднемировые. Это компьютерные науки (81% между периодами 2012–2016 и 2007–2011 гг. против 44% в мире), фармакология и токсикология (80% против 25%), науки о растениях и животных (41% против 17%), экономика и бизнес (95% против 22%).

Заметные изменения произошли в тематической структуре изобретений, патентуемых отечественными заявителями в России

и за рубежом, что свидетельствует о постепенной трансформации приоритетов изобретательской деятельности в стране. На внутреннем рынке наиболее активное развитие получили пищевая химия (число патентных публикаций в 2000–2016 гг. увеличилось в 6 раз), компьютерные технологии (3,2 раза), полупроводники (3,1 раза), микроструктурные и нанотехнологии (в 2000 г. была опубликована лишь одна заявка, в 2016 г. — 174). На глобальном рынке усилился поток российских изобретений, связанных с технологиями и оборудованием для цифровой связи (4 патентные публикации в 2000 г. и 73 — в 2016 г.), микроструктурными и нанотехнологиями (0 и 21 соответственно), компьютерными технологиями (28 и 188), биотехнологиями (14 и 96). В последние годы наметился выход на мировой рынок российских разработчиков фармацевтической продукции: число патентных публикаций здесь возросло с 61 в 2000 г. до 422 в 2016 г.

Несмотря на изменения тематической структуры российских изобретений, спектр областей технологической специализации страны остается практически неизменным на протяжении последних 15 лет. За этот период в него вошли лишь три новые области: базовые коммуникационные процессы (индекс технологической специализации, рассчитанный для патентных публикаций 2012–2016 гг., — 1,2); микроструктурные и нанотехнологии (4,0); прочие потребительские товары (1,1). Напротив, перестали определять специализацию страны такие области, как химия материалов (1,0), станки (1,0), термические процессы и нагревательные устройства (1,0). В 2000–2016 гг. Россия специализировалась на пищевой химии (индекс технологической специализации в 2012–2016 гг. — 5,6), анализе биоматериалов (3,3), материалах, металлургии (2,1), гражданском строительстве (1,8), двигателях, насосах, турбинах (1,7), других специальных машинах (1,5), измерительных технологиях (1,4), медицинских технологиях (1,4), фармацевтике (1,3), технологиях защиты окружающей среды (1,2), деталях машин и оборудования (1,2).

В течение длительного периода ИР в России осуществлялись преимущественно в интересах развития экономики. В 2016 г. на такие проекты приходилось 37,8% внутренних затрат на ИР (в 1994 г. — 49,1%). Однако структура расходов не отвечает перспективным тенденциям научно-технологического развития.

Существенная часть затрат на ИР, связанных с развитием экономики, направляется на исследования в интересах промышленного производства. Хотя доля таких работ за период 1994–2016 гг.

снизилась с 35,4 до 28,3%, она пока остается крупнейшей в составе целей научной деятельности. В структуре ИР, предназначенных для промышленного производства, не произошло сдвига в направлении высокотехнологичных секторов. Так, доли проектов по разработке транспортных средств (5% затрат на науку), средств программного обеспечения (1,5%) остались на уровне 1994 г., в других перспективных сферах — даже сократились: в приборостроении — с 3,3 до 3,2%, химическом производстве — с 3,3 до 1,8%, производстве электронного оборудования и средств телекоммуникаций — с 3,5 до 3%.

Аналогичным образом снизились удельные веса ИР, нацеленных на развитие таких секторов экономики, как сельское хозяйство (с 4,3 до 2,1%), строительство (с 2,1 до 0,5%), добыча и переработка неэнергетических минералов (с 0,5 до 0,4%), пищевая промышленность и городская инфраструктура (с 0,3 до 0,1% каждая).

Доли ИР в области энергетики, использования природных ресурсов, транспорта, несмотря на их колоссальную роль, остаются недостаточными, но стабильными — на уровне 3–4% каждая. Выросла доля исследований космоса — с 4,2% внутренних затрат на ИР в 1994 г. до 4,9% в 2016 г. Удельный вес неориентированных исследований, связанных с общим развитием науки, увеличился с 12,5% в 1994 г. до 14,8% в 2016 г.

В России, в отличие от других развитых государств, весьма мала доля затрат на ИР, связанных с реализацией социальных целей. За указанный период она практически не изменилась (с 5,5 до 5,6%). Особенно ошутим разрыв по доле затрат на ИР в области охраны здоровья населения: если в России в 2016 г. этот показатель находится на уровне 3,6%, то по странам ОЭСР — колеблется в интервале 7,6–20,6% (наибольшие значения в Венгрии и Испании — 20,6 и 19,7% соответственно). Удельный вес ИР в сфере охраны окружающей среды в России снизился с 1,6% в 1994 г. до 0,7% в 2016 г. Такая ситуация не соответствует не только тенденциям, сложившимся в ведущих странах мира, где эта величина, за редкими исключениями, составляет не менее 2% внутренних затрат на ИР, но и масштаб задач по улучшению экологической ситуации.

### **Международная кооперация**

Российская наука активно интегрируется в сети международных научных коллабораций. Если в начале 1990-х годов только



10% публикаций отечественных ученых в ведущих мировых журналах были написаны в соавторстве с зарубежными коллегами, то в течение следующего десятилетия доля таких работ утроилась и к 2001 г. достигла 34%. В дальнейшем этот показатель существенно не менялся, в 2016 г. составил 32%. Интенсивность международного соавторства отечественных ученых сопоставима с показателями США, Японии, Республики Корея, Бразилии.

Группа стран — основных партнеров России по совместным научным публикациям не претерпела серьезных изменений за последние 20 лет. Наиболее интенсивно Россия сотрудничает с США и Германией (в 2016 г. 8,7% российских публикаций написаны в сотрудничестве с американскими учеными, 8,1% — с немецкими), а также Францией (5,1%), Великобританией (4,7%) и Италией (3,5%). Заметным новшеством в профиле международного научного сотрудничества нашей страны стало усиление кооперации с китайскими исследователями (3,5%).

### **Кадры науки**

Несмотря на многолетнее сокращение общей численности персонала, занятого ИР, Россия остается одним из мировых лидеров по абсолютным масштабам занятости в науке. В 2016 г. в ИР были вовлечены 802,3 тыс. чел. (в эквиваленте полной занятости). По этому показателю Россия уступает только Китаю (3758,8 тыс. чел.), США (1380 тыс. чел.)<sup>5</sup> и Японии (875 тыс. чел.).

В 2000—2016 гг. численность персонала, занятого ИР, сокращалась в среднем на 1,3% ежегодно. В большинстве ведущих стран мира масштабы занятости в науке, напротив, увеличиваются. Наиболее высокие среднегодовые темпы прироста численности в этот период наблюдались в Китае (9,8%), Республике Корея (8,1%), Бразилии (7,2%), ЮАР (5%). В Испании, Италии и Индии прирост составлял порядка 3,5%; в Германии, Франции, Великобритании и США — 1,8–2,5%.

Острой проблемой российской науки остается деформация возрастной структуры и старение научных кадров. В 2016 г. средний возраст исследователей составил 46 лет, практически каждый третий из них достиг пенсионного возраста. Приток молодежи в сферу ИР, наблюдаемый на протяжении последних десяти лет, частично компенсирует сокращение численности ученых средних

---

<sup>5</sup> Для США данные приведены по численности исследователей.

(наиболее продуктивных) возрастов: доля исследователей моложе 39 лет за 2004–2016 гг. выросла с 28,4 до 43,3%, в возрасте 40–49 лет — сократилась с 21,9 до 13,6%.

Основной движущей силой науки выступают исследователи высшей научной квалификации — кандидаты и доктора наук. В 2016 г. их численность в России составила 108,4 тыс. чел. (29,3% общей численности исследователей). В сферу ИР активно привлекаются молодые специалисты с ученой степенью. Тем не менее ядром кадрового потенциала отечественной науки пока остаются представители старших возрастных групп: 71% докторов наук и 37% кандидатов наук достигли пенсионного возраста.

В последние годы наметилась тенденция к росту уровня оплаты труда в науке (в 2011–2016 гг. в среднем на 8,9% ежегодно). Среднемесячная заработная плата работников, выполнявших ИР, в 2016 г. составила 43,5 тыс. руб. (118,5% от средней по экономике в целом). Усилия государства, направленные на повышение уровня оплаты труда и внедрение эффективного контракта в науке, создают определенные возможности для развития ее кадрового потенциала. Вместе с тем, учитывая глобальную конъюнктуру, эти усилия нуждаются в интенсификации.

### **Материально-техническая база науки**

Позитивным трендом последних лет стало улучшение состояния материально-технической базы науки. В 2016 г. среднегодовая стоимость основных фондов организаций, выполнявших ИР, достигла 1696,2 млрд руб. В 1990-е годы в этой сфере наблюдались кризисные явления (резкий спад инвестиций, массовый моральный и физический износ основных фондов), но начиная с 2003 г. темпы падения снизились, наметился рост стоимости основных фондов, наиболее существенный в 2013–2016 гг. — в 1,3 раза (в постоянных ценах).

Повышается технический уровень машин и оборудования организаций, выполняющих ИР. В 2015 г. удельный вес машин и оборудования в возрасте до шести лет вырос до 57,3% их общей стоимости, из них оборудования в возрастной группе до трех лет — 29,8%, нового (до одного года) — 11,1%. Ускорился процесс обновления технических средств: стоимость машин и оборудования в возрасте до шести лет в 2011–2015 гг. увеличилась на 21,4% (в постоянных ценах) при одновременном сокращении на 20,1% устаревшей техники (старше 20 лет). Заметно расширился парк

научного оборудования, стоимость измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования выросла в 1,3 раза, их удельный вес в стоимости активной части основных фондов науки достиг 41,8%.

К началу 2017 г. в России действовали 572 центра коллективного пользования научным оборудованием и 310 уникальных научных установок. Число системных обращений к ним со стороны организаций, выполнявших ИР, превысило 5 тыс.

Формируется программа создания и развития на территории страны установок класса «мегасайенс». В ближайшей перспективе на их базе будут сформированы международные коллаборации ученых для достижения прорывных результатов в таких перспективных областях, как физика элементарных частиц и высоких энергий, ядерная физика, молекулярная и радиационная биофизика, исследования структуры и динамики живой и неживой материи, наномедицина и др.

Цифровизация науки способствует повышению ее открытости и более полной интеграции в глобальные информационные потоки. В 2016 г. доступ к интернету имели 94,7% научных организаций. Каждая вторая организация сектора ИР (49,9%) использует в научной деятельности специальные программные средства, каждая четвертая (23%) — пользуется услугами облачных сервисов, каждая третья (30,3%) — предоставляет внешним пользователям онлайн-доступ к своим базам данных.

### **Сеть научных организаций**

Динамика числа организаций, выполнявших ИР, носила разнонаправленный характер, во многом обусловленный несоответствием темпов структурных изменений в науке рыночным преобразованиям в экономике страны. В 2016 г. в России насчитывалось 4032 организации, выполнявшие ИР. В целом с 1990 г. их число уменьшилось на 13,2%. Особенно резкое сокращение сети научных организаций как следствие снижения объемов финансирования науки наблюдалось в первой половине 1990-х годов (с 4646 в 1990 г. до 3968 в 1994 г.). В дальнейшем наметился рост их числа (до 4099 в 2000 г.), хотя он не был в достаточной мере подкреплен ни финансовыми, ни кадровыми ресурсами, ни развитием материально-технической базы.

Научные организации неоднородны как в отношении результативности, так и по формам организации и управления. В струк-

туре их сети, в отличие от развитых индустриальных стран, преобладают научно-исследовательские институты, юридически обособленные и от сферы образования, и от производственной деятельности. Несмотря на сокращение их числа с 1762 в 1990 г. до 1673 в 2016 г., на их долю приходится существенная часть (41,5%) организаций, выполнявших ИР. Доля вузов, выполняющих ИР, в общем числе таких организаций составляет 24,3%, а их количество за тот же период увеличилось в 2,2 раза — с 453 до 979.

Заметно снизилась доля конструкторских и проектно-конструкторских организаций, обеспечивавших трансфер научных результатов в реальный сектор экономики (с 32,9% в 1990 г. до 8,2% в 2016 г.). Они оказались наиболее зависимыми от макроэкономической ситуации в стране: если в 1990 г. насчитывалось 1530 таких организаций, то в 2016 г. — лишь 330.

Предприятия промышленности традиционно занимают малую нишу в научном потенциале страны. Их число сократилось с 449 в 1990 г. до 363 в 2016 г., а удельный вес в составе организаций сектора ИР — с 9,7 до 9% соответственно.

Большинство организаций науки находятся в федеральной собственности, что, наряду с другими факторами, снижает уровень инвестиционной привлекательности ИР для бизнеса, не мотивирует власти субъектов Российской Федерации к их интеграции в региональные инновационные системы, привлечению к решению проблем социально-экономического развития территорий.

### **Финансирование науки**

В последние два десятилетия наблюдается существенный рост объемов финансирования науки. Внутренние затраты на ИР в 2016 г. достигли 943,8 млрд руб. По объему внутренних затрат на ИР (в расчете по паритету покупательной способности национальных валют) Россия занимает 10-е место в мире (37,3 млрд долл.), уступая США (502,9), Китаю (408,8), Японии (170), Германии (114,8), Республике Корея (74,1), Франции (60,8), Индии (50,3), Великобритании (46,3) и Бразилии (38,4 млрд долл.). По динамике затрат на науку за период 1995–2016 гг. (рост в 2,6 раза) Россия заметно опережала страны ОЭСР (средняя — 1,9 раза). Однако некоторые быстрорастущие экономики смогли обеспечить гораздо более высокие темпы роста затрат на науку: Китай — в 21,9 раза, Республика Корея — в 4,5, Израиль — в 3,7 раза.

Недостаточные масштабы финансирования науки со стороны бизнеса и ее высокая зависимость от бюджетной поддержки опре-

деляют низкий в целом уровень наукоёмкости экономики. Находясь в группе лидеров по масштабам расходов на науку, наша страна существенно отстает от них по доле внутренних затрат в ВВП (1,1% в 2016 г., 35-е место). Лидируют здесь Израиль (4,3%), Республика Корея (4,2%), Швейцария (3,4%), Япония (3,3%), Швеция (3,3%), Австрия (3,1%), Тайвань (3%).

## 6.2. Перспективы развития

Перспективы сферы науки и технологий в России формируются под влиянием глобальных трендов, трансформации моделей ее организации и поддержки с учетом «больших вызовов», переориентации на практические запросы экономики и общества. Они связаны с повышением результативности ИР, укреплением кадрового потенциала, материально-технической и информационной базы. Необходимые условия прогресса отечественной науки — улучшение общей ситуации в экономике, динамика традиционных и возникающих секторов, повышение эффективности государственной политики. Соответствующие возможности будут постепенно раскрываться в средне- и долгосрочной перспективе. Завершения процессов реформирования сферы можно ожидать только на финальных стадиях реализации Стратегии (в зависимости от сценария развития), а возможно, и после 2030 г.

В прогнозном периоде ожидаются позитивные эффекты преобразования сферы науки и технологий. Изменения в экономике будут связаны с повышением продуктивности базовых отраслей, их последовательной модернизацией, массовизацией инноваций; возникновением и ростом новых секторов, в том числе сегмента интеллектуальных услуг (включая инжиниринг и дизайн), других креативных индустрий. У бизнеса появятся действенные источники роста, не требующие существенного увеличения материальных активов, — новые открытые источники информации, исследовательская и инновационная инфраструктура, обеспечивающая коммуникации с потенциальными партнерами, улучшение технологических компетенций работников, внедрение новых бизнес-моделей, рыночных стратегий, стандартов.

Эффекты для общества будут проявляться через создание новых технологий, продуктов и услуг, способствующих решению национальных и глобальных проблем. Достижения науки и технологий обеспечат развитие инклюзивных инноваций, вовлечение

граждан в процесс генерации, распространения и использования знаний, формирование перспективных навыков и компетенций, в том числе в модели STEM. Ожидается более продуктивное решение экологических проблем за счет распространения «зеленых технологий» и моделей поведения бизнеса и граждан, развития международных коллабораций.

Повысится действенность системы государственного управления благодаря широкому использованию цифровых технологий оказания государственных услуг, внедрению современных методов мониторинга социально-экономических изменений на базе машинного обучения и анализа больших данных; повышению оперативности управленческих решений. Исследовательские результаты, данные, аккумулируемые из разных источников и различными способами, будут активнее использоваться в качестве информационно-аналитической основы принятия управленческих решений на всех уровнях. Получат новый импульс инициативы по созданию коммуникационных платформ, предоставляющих широкий доступ к научно-технической информации для всех экономических акторов.

Цифровизация будет способствовать повышению открытости науки, ее более полной интеграции в глобальные информационные потоки.

Вероятные риски провоцируются масштабами и ресурсоемкостью проводимых трансформаций, когда действовать приходится сразу по многим направлениям и во всех сегментах науки. Россия запоздала с модернизацией научно-технологического комплекса, столкнулась с угрозами его деградации, расхождения с глобальной повесткой. Завершать преобразования приходится в сложных макроэкономических и геополитических условиях. Ограниченность ресурсов государства и бизнеса сдерживает возможности инвестирования в науку. Барьером может стать «сопротивление» традиционной организационной культуры, отсутствие действенных стимулов к инновациям, творчеству в широком контексте. Незавершенность процесса реформирования увеличивает вероятность отставания России от других государств, которые все активнее действуют в новой научно-технологической парадигме.

Угрозы для ускорения прогресса науки и технологий взаимосвязаны и имеют различную временную локацию. Даже по сценарию «Технологический рывок» заметное улучшение ситуации начнется только после 2020 г. Из-за этого и в долгосрочной перспективе России, скорее всего, не удастся занять лидирующие

позиции по показателям наукоемкости экономики, ее насыщенности научными кадрами, исследовательской продуктивности. Вместе с тем ограничивающие факторы должны стимулировать появление новых точек роста на основе передовых технологий и инноваций.

Специфические риски продуцируются в процессе «открытия» науки и ее результатов. Технические и методологические вопросы (единые стандарты, совместимость, специальные подходы к извлечению и использованию знаний из автоматически генерируемых массивов данных и др.) решаются довольно оперативно. Гораздо более сложными остаются проблемы разграничения коммерческих и общественных целей, охраны интеллектуальной собственности, информационной безопасности. Они не потеряют актуальности и в долгосрочной перспективе.

### **Развитие специализированных рынков, продуктов, услуг**

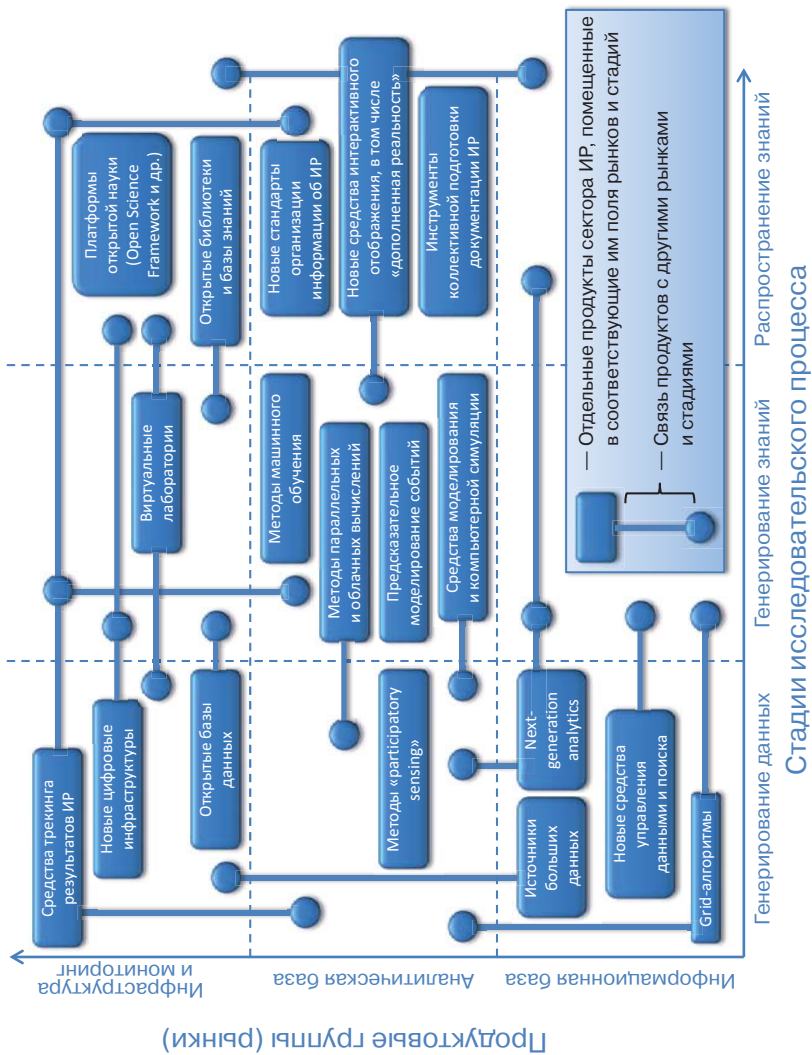
Прогресс современных технологий, изменение конфигурации самой науки, фокуса и форматов политики обусловят развитие новых рынков, связанных с эффективными исследовательскими практиками и возможностями их применения в науке и экономике. В первую очередь речь идет о продвинутых формах, способах, методах получения, использования, распространения данных об ИР и их результатах (включая экспертизу и публикации), базирующихся на цифровых технологиях и обеспечивающих новый уровень анализа информации в колоссальных объемах.

На этих рынках будут производиться продукция и услуги, ориентированные на запросы, возникающие в сфере науки и технологий, отраслях экономики и обществе в целом, по таким направлениям, как информационное обеспечение (генерирование данных, формирование и распространение потоков научных знаний), «умная» аналитика, мониторинги и инфраструктурное обеспечение (рис. 21).

Перспективным для развития в России может стать продвижение в следующих областях:

- новые аналитические подходы и программное обеспечение для работы с данными (информационные услуги, генерирование, распространение и повторное использование данных в сфере науки и технологий);
- аналитическое программное обеспечение нового поколения, основанное на эффективных методах и алгоритмах получения

**Рис. 21.** Продукты и услуги сферы науки, возникающие и развивающиеся под влиянием современных технологий



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.



- знаний, проведения исследований, обмена результатами, обработки больших данных (автоматическая генерация массивов данных, data-driven research и др.);
- модели, алгоритмы и программное обеспечение трекинга научно-технических результатов на основании анализа их повторного использования и выявления скрытых взаимосвязей на всех стадиях жизненного цикла научных знаний и технологий; грид-алгоритмы и программное обеспечение для распределенного решения отдельных классов сложных вычислительных задач; алгоритмы и программное обеспечение для формализации и извлечения знаний из слабоструктурированной и неструктурированной информации (по типу семантических и других сетей);
  - расширение сети и типологии специализированных объектов исследовательской инфраструктуры, генерирующих большие объемы данных, содействующих развитию знаний и компетенций ученых;
  - аналитическая база генерации знаний (аналитические услуги);
  - новые способы обработки данных на основе параллельных и облачных вычислений;
  - алгоритмы и программное обеспечение машинного обучения, в том числе на базе суперкомпьютерных моделей распределенных вычислений, искусственного интеллекта, семантических сетей;
  - активное замещение «натурных» экспериментов и испытаний компьютерным моделированием, имитационными подходами, повторным и совместным использованием данных уже проведенных экспериментов;
  - оказание широкого спектра научно-технических и инженеринговых услуг с использованием технологий автоматизированного проектирования, инженерного анализа, быстрого прототипирования;
  - алгоритмы и программное обеспечение систем и комплексов предсказательного моделирования событий и явлений (социальных, техногенных, климатических, сейсмических, геофизических и др.);
  - алгоритмы и программное обеспечение для математического моделирования процессов, происходящих в живых организмах (например, ускорение процессов моделирования структур и динамики макромолекул);

- развитие практики совместного применения сенсорных систем (participatory sensing) для получения недостающих данных посредством интеграции в исследования большого числа участников (городское планирование с использованием мобильных телефонов и др.);
- анализ и визуализация исследовательских результатов;
- новые виды отображения, распространения и популяризации научных результатов (инфографика, мультимедиа и т.д.); средства «дополненной реальности»; алгоритмы и программное обеспечение построения сложных трехмерных сцен для изображения и видеоряда в режиме реального времени (компьютерное зрение);
- специализированное программное обеспечение для 3D-моделирования (в биологии, цифровых производствах и др.);
- новые модели управления данными и специализированного поиска научной информации с автоматическим выявлением активно развивающихся направлений и перспективных исследовательских задач;
- новые способы организации информации об ИР на основе структурированных сложносвязных открытых баз данных;
- организация работы с данными (инфраструктура и услуги информационной базы науки и технологий);
- программное обеспечение для организации и структурирования коллективной работы над научно-технической документацией, текстами и др. в реальном времени;
- новые способы распространения и использования научных знаний на основе институциональных баз научных публикаций, интернет-платформ, открытых международных баз данных, социальных сетей, практик открытого рецензирования; управления библиографической информацией;
- специальное программное обеспечение для сотрудничества в области ИР;
- создание открытых библиотек, репозитариев, архивов, баз данных в передовых научно-технологических областях;
- улучшение организации и взаимодействия в сфере науки и технологий (услуги в области организации, мониторинга, инфраструктуры генерирования знаний);
- интеллектуальные системы типа виртуальных (открытых, «умных») лабораторий, позволяющие активнее обмениваться ин-

формацией, знаниями, результатами, компетенциями, а также вовлекать население в исследовательскую деятельность; виртуальные сети трансфера знаний с открытым доступом; эффективная организация работы и ведения экспериментов в лабораториях;

- диверсификация источников информации для целей проведения ИР и управления релевантными видами деятельности;
- повышение роли новых данных и новых методов работы с существующими типами данных в социальных и гуманитарных науках;
- расширение возможностей использования сведений, полученных в качестве побочного продукта основной экономической деятельности (навигационные приложения, цифровые платформы с платными посредническими услугами и др.).

Внедрение передовых платформенных и других новейших технологий, переформатирование на этой основе российской науки происходят неравномерно и в разрезе рынков и групп продуктов/услуг, и во времени. Так, услуги, базирующиеся на потенциале цифровизации и свободе доступа (средства поиска научной информации, программное обеспечение с открытым кодом), уже сейчас активно используются российскими организациями, исследователями, управленцами. Расширение окон возможностей здесь может произойти уже в краткосрочной перспективе. Другие продукты и услуги, распространение которых требует не только достижений в определенных технологических областях, но и значительных финансовых вложений, будут внедряться в средне- и долгосрочном периоде. В частности, компьютерное моделирование и симуляции, по которым в России имеются серьезные научные заделы, должны опираться на современную компьютерную инфраструктуру. При этом, например, в области формирования национальных суперкомпьютерных сетей Россия все еще отстает от мировых лидеров. Кроме того, «отдача» от перехода на новую модель науки может снизиться из-за низкой цифровой грамотности (даже в когорте молодых специалистов) в отдельных сегментах науки.

Оперативное внедрение эффективных исследовательских практик, включая «датафикацию» научных методов, расширение на этой основе рынков научно-технологических услуг, повышение квалификации исследователей потребуют масштабной государственной поддержки.

### 6.3. Направления совершенствования научно-технологической политики

Перспективные инструменты регулирования в сфере науки и технологий соотносятся с задачами Стратегии, а также со сценариями Прогноза. Часть из них, предусматривающая более радикальную перестройку научно-технологического комплекса, может быть реализована в полном объеме только в рамках сценария «Технологический рывок». Значимые в контексте формирования и реализации научно-технологического прогноза меры включают «горизонтальные», сфокусированные на решении общих проблем развития науки и технологий, и «вертикальные», регламентирующие поддержку конкретных технологических направлений и секторов.

Научные кадры являются важнейшим ресурсом социально-экономического прогресса страны, наращивания ее интеллектуального капитала, повышения глобальной конкурентоспособности. В прогнозном периоде для России могут стать актуальными комплексные инициативы, нацеленные на:

- непрерывное выявление талантливой молодежи, обеспечение условий для ее быстрого карьерного и творческого роста; стимулирование усилий научных организаций и университетов по созданию специализированных учебно-просветительских, исследовательских, инженерно-технологических центров, центров научно-технического творчества детей и молодежи. Соответствующая поддержка должна проводиться на постоянной основе, а ее результаты — оцениваться не по отдельным мероприятиям, а нарастающим итогом;
- масштабирование доказавших свою действенность и поддержанных профессиональным сообществом инициатив по созданию научных лабораторий, технологических компаний мирового уровня под руководством ведущих российских и зарубежных ученых, инженеров, предпринимателей;
- усиление мотивации научных работников к производительной и результативной деятельности, профессиональному росту и мобильности, в том числе на основе развития модели эффективного контракта, включая регулярное оценивание индивидуальных и групповых результатов; разработку понятных профессиональных стандартов, карт компетенций; усиление адресности и дифференцированного характера мер поддержки исследователей. Этому поможет создание «банка»

лучших практик управления научными кадрами и их распространение на базе современных коммуникационных и сетевых паттернов;

- повышение роли профессиональных сообществ в аттестации кадров высшей квалификации, ускорение практического внедрения ее моделей, соответствующих международным стандартам.

Достижению долгосрочных целей научно-технологического прогресса будет способствовать развитие современной системы управления, ориентированной на усиление инвестиционной привлекательности ИР, их результативности, востребованности и отдачи в экономике и обществе. Эта система должна интегрировать передовые управленческие инструменты и технологии, включая:

- современные модели управления научными, научно-техническими результатами на всех уровнях, в том числе предусматривающие расширение возможностей организаций — генераторов знаний самостоятельно заниматься их коммерциализацией, передачей прав на полученные результаты компаниям-партнерам; общее усиление акцента на механизмы, обеспечивающие повышение административной и финансовой автономии исследовательских коллективов в научных организациях и вузах, наделение их руководителей широкими полномочиями и ответственностью при выборе направлений работ и расходовании средств;
- комплексные программы и проекты полного инновационного цикла, нацеленные на повышение уровня знаний и технологий, технологического уровня секторов экономики; новые форматы государственных и других целевых программ технологической направленности, обеспечивающих «лифт» идей и результатов;
- кредитно-финансовые механизмы, обеспечивающие приток средств в науку из всех источников, адресную, целевую финансовую поддержку проектов в рамках реализации приоритетов Стратегии и мероприятий (дорожных карт) Национальной технологической инициативы;
- эффективные инструменты институционального, проектного, индивидуального финансирования, учитывающие особенности организаций и творческих коллективов («длинные» гранты, целевые субсидии и др.);

- регулярно актуализируемые практики налогового стимулирования научной, научно-технической деятельности (усиление целевого адресного характера льгот и преференций; улучшение их администрирования; уточнение понятия НИОКР, упрощение порядка квалификации этих работ в целях налогообложения; урегулирование вопроса о льготах для научно-технических и инжиниринговых услуг и др.);
- сетевые формы организации и управления научной, научно-технической и инновационной деятельностью (технологические платформы, нанотехнологические центры, целевые консорциумы, партнерства с передовыми зарубежными исследовательскими центрами и др.), в том числе поддерживаемые институтами развития;
- комплексную систему оценки результативности деятельности и эффективности политики в сфере науки и технологий, востребованности ее инструментов.

Для повышения спроса на научно-технологические результаты и создания условий для их успешной коммерциализации и капитализации необходимо активизировать инструменты и механизмы, обеспечивающие:

- прямое стимулирование (субсидирование) научно-технологической деятельности на предприятиях промышленности и сферы услуг, в том числе посредством создания корпоративных венчурных фондов рядом государственных корпораций и реализации программ инновационного развития крупнейшими компаниями с государственным участием;
- софинансирование научно-технологических проектов (в том числе по модели квалифицированного заказчика), включая предоставление льгот и преференций при условии инициативного финансирования таких проектов бизнесом; фокусированное продвижение результатов ИР, востребованных в экономике, в том числе в рамках института государственного заказа;
- расширение практики участия представителей науки в научно-технических, экспертных советах компаний, представителей бизнеса — в научных советах, других коллегиальных органах управления научных организаций и вузов; формирование на этой основе эффективных коммуникаций исследователей и предпринимателей.

В долгосрочной перспективе ключевую роль должны сыграть специальные усилия государства по поддержке отдельных передо-

вых технологических направлений и высокотехнологичных производств. Такие инициативы практикуются во всем мире и ориентированы на:

- создание сети специализированных клиринговых, других посреднических организаций, предоставляющих спектр услуг по коммерциализации технологий, в том числе в цифровом формате, включая регистрацию изобретений, сопровождение лицензионных сделок с учетом специфики распространения и использования знаний и технологий в конкретных технологических областях, изменения условий патентования и возникновения авторских прав и др.;
- введение новых регламентов в области регистрации прав на результаты интеллектуальной деятельности, обязательного лицензирования патентов, модельных форм лицензионных соглашений (например, в биологии, фармацевтике, медицине), ограничений по регистрации «патентных дебрей» (patent thickets) и др.;
- стимулирование компаний к заключению рамочных соглашений, регулирующих общие нормы поведения в отношении интеллектуальной собственности в отдельных областях (например, в биотехнологии);
- организацию и поддержку специализированных конкурсов по развитию новых технологий и их практических приложений, в том числе среди молодых ученых, студенческих команд, производственных компаний и др.;
- фокусировку усилий на поддержке действующих и инициировании создания новых инновационных кластеров, ориентированных на достижение технологического лидерства, обеспечение эффективной системы коммерциализации технологий и формирование системы привлечения инвестиций мирового уровня;
- инициирование разработки и реализации согласованных планов (дорожных карт) по целевой финансовой поддержке проектов создания и внедрения новых технологий;
- создание и поддержку специфических инструментов открытой науки (открытых библиотек, баз данных, архивов, коллекций и т.п.);
- создание и поддержку независимых центров сертификации (например, в области окружающей среды и экологической безопасности, ВИЭ);

- активизацию участия страны в международном регулировании в области новых технологий, включая вопросы безопасности их разработки и использования (например, в области интернета и социальных сетей).

В области коммуникаций, материально-технической базы, инфраструктуры и информационного обеспечения ИП целесообразно инициировать мероприятия по:

- развитию государственных информационных ресурсов, повышению их открытости, комплементарности, доступности для организаций сферы науки и технологий;
- расширению рынка и спектра услуг, оказываемых объектами исследовательской инфраструктуры, посредством повышения степени их открытости для потенциальных пользователей, улучшения механизмов привлечения новых пользователей, внедрения эффективных бизнес-моделей их функционирования;
- созданию сети центров компетенций разных уровней по приоритетным направлениям научно-технологического развития, а также в отдельных прорывных научно-технологических областях;
- достройке инновационной инфраструктуры, обеспечивающей продвижение технологий на рынок и внедрение бизнес-моделей, опирающихся на новаторство;
- внедрению информационных ресурсов развития технологической культуры, восприимчивости инноваций населением; популяризации науки и технологий, повышению престижа профессии ученого, инженера, предпринимателя, в том числе посредством распространения и повышения качества научно-популярного контента в СМИ.

Для поддержки международного научно-технического сотрудничества необходимо пересмотреть его действующие принципы и модели с позиций рационализации, максимального учета национальных интересов. В частности, внимание должно быть уделено:

- усилению информационной поддержки, включая создание межстрановых интегрированных исследовательских сетей; распространению информации об отечественных научных достижениях, лучшего опыта организации международной кооперации в бизнес- и научном сообществах России и др.; улучшению инфраструктуры, обеспечивающей «видимость»



- российских ученых и организаций в глобальном научно-технологическом пространстве;
- поддержке участия российских организаций и специалистов в деятельности международных организаций, многосторонних площадок с целью быстрого выхода на глобальные рынки знаний и технологий; в международных системах экспертизы и прогнозирования;
  - расширению практики поддержки международных заявок на получение грантов, в том числе с использованием современных цифровых технологий и электронных сервисов;
  - развитию практики организации совместных лабораторий, совместного использования уникальных научных установок.

## Заключение

Многолетние прогнозные исследования ИСИЭЗ НИУ ВШЭ нацелены на расширение теоретического и практического дискурса, посвященного «большим вызовам», с которыми сталкивается человечество, и поиску ответов на них со стороны науки и технологий. Объединяя подходы и методы, используемые в институциональной экономике, теории отраслевых рынков, макро- и микроэкономическом моделировании, статистике, библиометрии, патентном анализе и др., коллектив авторов проводит форсайт-исследования, нацеленные на выявление и обоснование перспективных для России направлений науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ страны, решение актуальных социально-экономических проблем, преодоление барьеров и рисков развития. Они базируются на изучении глобальных трендов, которые воздействуют на российскую экономику и ее сектора, включая сферу науки и технологий. Это позволяет понять, какие научные достижения и технологические решения эффективнее всего соотносятся с целями, факторами и ограничениями социально-экономического прогресса. Речь идет, например, о преодолении проблем исчерпания природных ресурсов (относительно дешевых и легкодоступных), обеспечении национальной безопасности, в том числе энергетической, продовольственной, и др. Увязка логики прогнозов с глобальными вызовами и угрозами, социально-экономическими трендами — необходимое условие, обеспечивающее качество проводимых исследований и полученных результатов.

В обсуждении и валидации результатов прогнозных исследований принимали участие свыше двух тысяч ведущих российских и зарубежных экспертов. Были созданы платформы и инструменты взаимодействия и навигации (экспертные панели, коммуникационные мероприятия, распространение трендлеттеров и других информационных материалов). Полученные результаты неоднократно обсуждались на крупных международных форумах, включая Апрельскую международную научную конференцию по проблемам развития экономики и общества НИУ ВШЭ; Международную научную конференцию «Форсайт и научно-техническая и инновационная политика» ИСИЭЗ НИУ ВШЭ; Глобальную конференцию по технологическому майнингу (Global TechMining Conference); Международную конференцию «Форсайт для стратегического планирования» (Foresight for Strategic Planning); заседания рабочих групп ОЭСР и др. В итоге результаты Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года стали одним из ключевых источников для анализа на международном уровне технологических трендов, способных на горизонте 10–15 лет оказать наибольшее влияние на экономику и общество [OECD, 2016b].

Распространение результатов прогнозов позволило сформировать устойчивые коммуникационные площадки, где профессиональное и бизнес-сообщества могут лучше ориентироваться в актуальных технологических трендах, достижениях, возможностях их практического использования, в том числе при выстраивании «стратегий успеха». Как показывает мировой опыт, форсайты необходимо инкорпорировать в управленческую практику на всех уровнях. Их результаты используются для выбора приоритетов, разработки программ и проектов, формирования детальных технологических дорожных карт.

Прогнозные исследования должны проводиться на регулярной основе, опираться на актуализированные исходные данные и предпосылки. Необходим постоянный мониторинг динамичных глобальных и национальных трендов. Важным является не только точное попадание в «технологическую цель», но и создание устойчивой, эффективно работающей системы обоснования стратегических приоритетов, позволяющей гибко адаптироваться к возникающим угрозам и своевременно реагировать на появляющиеся возможности, рассчитывая на позитивные эффекты в самых разных областях.

## Литература

- Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е., Агамирзян И.Р., Белоусов Д.Р., Китова Г.А., Кузнецов Е.Б., Рудник П.Б., Рудь В.А., Сагиева Г.С., Симачев Ю.В.* (2013) От стимулирования инноваций к росту на их основе (глава 3) // Стратегия-2020: Новая модель роста — новая социальная политика. Итоговый доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года. Кн. 1 / науч. ред. В.А. Мау, Я.И. Кузьминов. М.: Дело. С. 92–126.
- Гохберг Л.М., Соколов А.В., Чулок А.А., Радомирова Я.Я., Кузнецова Т.Е., Дранев Ю.Я., Назаренко А.А., Мильшина Ю.В., Вишневский К.О., Майорова О.А.* (2017) Глобальные тренды и перспективы научно-технологического развития Российской Федерации: краткие тезисы: докл. к XVIII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 11–14 апр. 2017 г. М.: Изд. дом ВШЭ.
- ИНЭИ РАН, АЦ (2016) Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. М.: Институт энергетических исследований РАН, Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации.
- Мак-Кинзи и Компания СиАйЭс (2017) Цифровая Россия: новая реальность. Июль 2017. Digital/McKinsey.
- Минобрнауки России, МГУ им. М.В. Ломоносова, НИУ ВШЭ (2016) Рациональное природопользование: перспективы инновационного развития. М.: Изд. дом ВШЭ. <<https://publications.hse.ru/books/173258867>> (дата обращения: 21.02.2018).
- Минобрнауки России, НИУ ВШЭ (2014) Прогноз научно-технологического развития России: 2030 / под ред. Л.М. Гохберга. М.: Изд. дом ВШЭ.
- Минсельхоз России, НИУ ВШЭ (2017) Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М.: Изд. дом ВШЭ. <<https://publications.hse.ru/books/206861123>> (дата обращения: 21.02.2018).
- Минэнерго России (2016) Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. Утвержден Министром энергетики Российской Федерации 14 октября 2016 г. <<https://minenergo.gov.ru/node/6365>> (дата обращения: 21.02.2018).
- НИУ ВШЭ (2016) Глобальные технологические тренды. М.: Изд. дом ВШЭ.
- НИУ ВШЭ (2017a) Здравоохранение: современное состояние и возможные сценарии развития: докл. к XVIII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 11–14 апр. 2017 г. М.: Изд. дом ВШЭ.

- НИУ ВШЭ (2017b) Индикаторы цифровой экономики: 2017. Стат. сб. М.: Изд. дом ВШЭ.
- ФАО (2017) Стратегическая работа ФАО по повышению устойчивости производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН.
- Чуранов В. (2017) Станок как сервис: от системы мониторинга к цифровой фабрике // Forbes.ru. Июль 2017. <<http://www.forbes.ru/tehnologii/345949-stanok-kak-servis-ot-sistemy-monitoringa-k-cifrovoy-fabrike>> (дата обращения: 26.02.2018).
- АРЕС (2016) АРЕС Energy Demand and Supply Outlook. 6th ed. <<http://arerc.ieej.or.jp/publications/reports/outlook.php>> (дата обращения: 22.02.2018).
- Baptista G., Oliveira T.* (2016) A weight and a meta-analysis on mobile banking acceptance research // Computers in Human Behavior. No. 63. P. 480–489.
- BCG (2017) Metals & Mining. <<https://www.bcg.com/industries/metals-mining/publications.aspx>> (дата обращения: 21.02.2018).
- Bhardwaj V., Fairhurst A.* (2010) Fast Fashion: response to changes in the fashion industry // The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research. Vol. 20. No. 1. P. 165–173.
- BP (2017) BP Energy Outlook 2017. <<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>> (дата обращения: 22.02.2018).
- Camponon B.* (2016) Fintech and the future of securities services // Journal of Securities Operations & Custody. Vol. 8. No. 2. P. 107–112.
- Chen X., Zhou L., Wan D.* (2016) Group social capital and lending outcomes in the financial credit market: An empirical study of online peer-to-peer lending // Electronic Commerce Research and Applications. No. 15. P. 1–13.
- CSIS (2016) Chinese Space Strategy and Development. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies.
- DECHEMA (2017) Low Carbon Energy and Feedstock for the European Chemical Industry. Frankfurt am Main: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- Deloitte (2014) Vision 2040. Global Scenarios for the Oil and Gas Industry. Deloitte.
- Deloitte (2017a) 2017 Global Life Sciences Outlook. Deloitte.
- Deloitte (2017b) Rewriting the Rule of Digital Age: 2017 Deloitte Global Human Capital Trends. Deloitte.
- DOE, EIA (2016) International Energy Outlook 2016 with Projections to 2040. DOE/EIA-0484(2016).
- DSM GROUP (2017) Фармацевтический рынок России: итоги 2016 года. <[http://www.dsm.ru/docs/analytics/Annual\\_Report\\_2016\\_rus.pdf](http://www.dsm.ru/docs/analytics/Annual_Report_2016_rus.pdf)> (дата обращения: 26.02.2018).

- European Chemical Industry Council (2013) Chemistry — Simply Essential for a Sustainable Future. Brussels: European Chemical Industry Council.
- European Chemical Industry Council (2015) Competitiveness of the European Chemical Industry. How to Regain Ground in the Global Market. Brussels: European Chemical Industry Council.
- European Commission (2016a) Cumulative Cost Assessment for the EU Chemical Industry. Final Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2016b) Open Innovation, Open Science, Open to the World. Brussels: European Commission.
- European Commission (2017a) Assessment of the Methodology for Establishing the EU List of Critical Raw Materials. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2017b) Non-ferrous Metals Manufacturing: Vision for 2050 and Actions Needed. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Construction Sector Observatory (2016) Stimulating Favourable Investment Conditions. <[http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory\\_ga](http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/observatory_ga)> (дата обращения: 22.02.2018).
- European Parliament (2016) Directorate General for Internal Policies. Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Industry 4.0. Brussels: European Parliament.
- European Parliament (2017) Global Trends to 2035: Geopolitics and International Power. Brussels: European Parliamentary Research Services.
- European Union (2017) Digitising European Industry: Working Group 2 — Digital Industrial Platforms. <[https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/dei\\_wg2\\_final\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/dei_wg2_final_report.pdf)> (дата обращения: 22.02.2018).
- Exxonmobil (2017) 2017 Outlook for Energy: A View to 2040. Irving, TX: Exxon Mobil Corporation.
- EY (2017) beyond borders. Biotechnology report 2017. London: Ernst & Young LLP.
- FAO (2015a) Global Forest Resources Assessment 2015. Rome: FAO.
- FAO (2015b) Yearbook of Forest Products 2015. Rome: FAO.
- FAO (2016) Forests and Agriculture: Land-Use Challenges and Opportunities. Rome: FAO.
- FAO, ITU (2017) E-agriculture in Action. Rome: FAO.
- Frost & Sullivan (2016) Обзор тенденций на глобальном и российском фармацевтическом рынке. <<http://docplayer.ru/32484978-Obzor-tendenciya-na-globalnom-i-rossiyskom-farmaceuticheskom-rynke.html>> (дата обращения: 21.02.2018).
- GEF (2015) Global Education Future: Agenda. <<http://edu2035.org/files/GEF.Agenda2.pdf>> (дата обращения: 20.02.2018).

- GEF (2017a) Educational Ecosystems for Societal Transformation. Global Education Futures Report. Global Education Futures.
- GEF (2017b) Skills of the Future: How to Thrive in the Complex New World. <[http://edu2035.org/files/WSdoklad\\_12\\_okt\\_eng.pdf](http://edu2035.org/files/WSdoklad_12_okt_eng.pdf)> (дата обращения: 20.02.2018).
- Guo Y., Liang C. (2016) Blockchain application and outlook in the banking industry // Financial Innovation. Vol. 2. No. 1. Article No. 24.
- House of Commons (2017) The Future of Chemicals Regulation after the EU Referendum: Government Response to the Committee's Eleventh Report of Session 2016–17. First Special Report of Session 2017–19. <<https://publications.parliament.uk/pa/cm/201719/cmselect/cmenvaud/313/313.pdf>> (дата обращения: 22.02.2018).
- IEA (2015) Energy and Climate Change. World Energy Outlook Special Report. Paris: IEA.
- IEA (2017) World Energy Outlook. Paris: IEA.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.
- Jesse McWaters F. (2015) The Future of Financial Services: How Disruptive Innovations are Reshaping the Way Financial Services are Structured, Provisioned and Consumed. World Economic Forum.
- KPMG (2013) Ready for the Next Big Wave? // Global Construction Survey 2013. KPMG International.
- KPMG (2016) Building a Technology Advantage // Global Construction Survey 2016. KPMG International.
- Lee J. (2015) Recent Advances of Predictive Big Data Analytics and Industry 4.0 for Future Manufacturing and Service Innovation. Technical Report. Cincinnati, Ohio: University of Cincinnati.
- Wang L., Wang G. (2016) Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0 // International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM). No. 4. P. 1–8. <<http://www.mecs-press.net/ijem>> (дата обращения: 21.02.2018).
- Luther W.J. (2016) Bitcoin and the future of digital payments // The Independent Review. Vol. 20. No. 3. P. 397–404.
- McKinsey (2016) The State of Fashion. <<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/the-state-of-fashion>> (дата обращения: 22.02.2018).
- McKinsey&Company (2016) Where machines could replace humans — and where they can't (yet) // McKinsey Quarterly. July 2016. <<http://www.mckinsey.com/mgi/overview/in-the-news/these-are-the-jobs-least-likely-to-go-to-robots>> (дата обращения: 15.02.2018).
- Barber M., Donnelly K., Rizvi S. (2013) An Avalanche is Coming: Higher Education and the Revolution Ahead. London: Institute for Public Policy Research.

- Ministry of Education and Science of the Russian Federation, HSE (2016) Russia 2030: Science and Technology Foresight / L. Gokhberg (ed.). Moscow: HSE.
- NASA (2015) Technology Roadmaps: Introduction, Crosscutting Technologies, and Index. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- NASA (2017) SPINOFF. Technology Transfer Program. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Nicoletti B.* (2017) The Future of FinTech: Integrating Finance and Technology in Financial Services. Springer.
- OECD (2011) Skills for Innovation and Research. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2012) OECD Environmental Outlook to 2050. Paris: OECD. <<http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm>> (дата обращения: 21.02.2018).
- OECD (2015a) The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being. Paris: OECD Publishing. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264239814-en>> (дата обращения: 26.02.2018).
- OECD (2015b) Making open science a reality // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. No. 25. Paris: OECD Publishing. <<http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>> (дата обращения: 21.02.2018).
- OECD (2016a) G20 Innovation Report 2016. Paris: OECD.
- OECD (2016b) OECD Science, Technology and Industry Outlook 2016. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2016c) Trends Shaping Education 2016. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017a) Education at a Glance 2017: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017b) Key Issues for Digital Transformation in the G20. Report prepared for a joint G20 German Presidency. Paris: OECD.
- OECD (2017c) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017d) The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017e) Government at a Glance 2017. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017f) Neurotechnology and society: Strengthening responsible innovation in brain science // OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. No. 46. Paris: OECD Publishing.
- OECD, FAO (2017) OECD-FAO Agricultural Outlook 2017–2026. Paris: OECD.
- OECD, IEA (2015) Tracking Clean Energy Progress 2015. IEA Input to the Clean Energy Ministerial. Paris: OECD/IEA.
- Schabus S., Scholz J.* (2015) Geographic Information Science and Technology as Key Approach to Unveil the Potential of Industry 4.0 // ICINCO 2015 —

- 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics. P. 463–470.
- Schaper-Rinkel P.* (2012) Stocktaking of trends and drivers in organising research // Research and Innovation Futures 2030. Exploring the future of research. Trends and drivers in doing and governing research. European Commission.
- Statoil (2017) Energy Perspectives. Long-term Macro and Market Outlook. <<https://www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/energy-perspectives/energy-perspectives-2017-press-release.pdf>> (дата обращения: 26.02.2018).
- Tauri Group (2015) State of the Satellite Industry Report. The Tauri Group. <<http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf>> (дата обращения: 20.02.2018).
- UN (2015) Human Development Report: Work for Human Development. New York: United Nations Development Programme.
- UNESCO (2015) UNESCO Science Report: towards 2030. Executive Summary. Paris: UNESCO Publishing. <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235407e.pdf>> (дата обращения: 21.02.2018).
- U.S. Global Change Research Program (2017) Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment. Vol. I. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program.
- WEC (2016) World Energy Resources 2016. London: World Energy Council.
- WEF (2014) Towards the Circular Economy: Accelerating the Scale-Up Across Global Supply Chains. <<http://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/from-linear-to-circular-accelerating-a-proven-concept/>> (дата обращения: 26.02.2018).
- WEF (2015) Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. Geneva: World Economic Forum. <[http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_IndustrialInternet\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf)> (дата обращения: 21.02.2018).
- WEF (2016) Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology (Prepared in collaboration with The Boston Consulting Group). Geneva: World Economic Forum.
- WEF (2017a) Global Risks Report 2017. Geneva: World Economic Forum. <[http://www3.weforum.org/docs/GRR17\\_Report\\_web.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf)> (дата обращения: 15.02.2018).
- WEF (2017b) Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation. Geneva: World Economic Forum. <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_White\\_Paper\\_Technology\\_Innovation\\_Future\\_of\\_Production\\_2017.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf)> (дата обращения: 11.11.2017).
- World Bank (2011) The Road to Academic Excellence: the Making of World-Class Research Universities / P.G. Altbach, J.S. Altbach (eds). Washington, DC: The World Bank.



- World Bank (2016) Digital dividends. Washington, DC: The World Bank.
- World Bank (2017) Measuring and Analyzing the Impact of GVCs on Economic Development. Global Value Chain Development Report. Washington, DC: The World Bank.
- World Bank (2018) Learning to Realize Education's Promise. Washington, DC: The World Bank.
- WSA (2017) World Steel in Figures. Brussels: World Steel Association.
- Ye M., Li G.* (2017) Internet big data and capital markets: A literature review // Financial Innovation. No. 3. Article No. 6.

*Научное издание*

**Технологическое будущее российской экономики**

Доклад НИУ ВШЭ

Подписано в печать 05.04.2018. Формат 60×88 1/16. Гарнитура Newton  
Усл. печ. л. 11,8. Уч.-изд. л. 10,1. Тираж 500 экз. Изд. № 2175

Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»  
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20  
Тел.: +7 (495) 772-95-90 доб. 15285