

**Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»**

**Аналитический доклад
по результатам выполнения первого этапа НИР по теме
«Актуализация долгосрочного прогноза важнейших
направлений научно-технологического развития
на период до 2030 года»**

Москва 2011

Введение

Данный доклад подготовлен на основе комплекса исследовательских работ, проведенных Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) в 2011 году по долгосрочному прогнозу важнейших направлений научно-технологического развития на период до 2030 года. Проект выполняется в рамках заказа Минобрнауки России¹.

В докладе содержатся первые результаты работ по актуализации прогноза², связанные, в первую очередь, с поиском и выявлением ключевых областей перспективных, заделных исследований и разработок по важнейшим, приоритетным направлениям развития науки и технологий. В настоящем докладе анализируются следующие направления науки и технологий:

- информационно-телекоммуникационные системы;
- биотехнологии;
- медицина и здравоохранение;
- новые материалы и нанотехнологии;
- транспортные и космические системы;
- рациональное природопользование;
- энергетика и энергоэффективность.

Существующий потенциал сферы науки и технологий в России в значительной степени опирается на заделы, сформированные еще в советский период. В настоящее время этот задел практически исчерпан. Задача формирования нового научно-технологического задела связана с современными потребностями, продуцируемыми государством и обществом. Ее решение связано с необходимостью переориентации с краткосрочных, тактических технологических решений на новые, прорывные технологии и инновационные продукты в рамках структурной, долгосрочной модернизации экономики страны, что подтверждается экспертными оценками соотношения спроса на НИОКР и их предложения.

Приведенные в докладе результаты подготовлены с привлечением значительного числа ведущих российских и зарубежных экспертов, принимавших участие в оценке приоритетных направлений, выборе перспективных направлений исследований и их верификации:

- в основу экспертного анализа были положены аналитические материалы, составлены на основе анализа ключевых российских и зарубежных научно-технологическим

¹ Государственный контракт №13.511.12.1001 по теме «Актуализация долгосрочного прогноза важнейших направлений научно-технологического развития на период до 2030 г.».

² Срок окончания проекта: весна 2013 года.

прогнозов³ с учетом сформированной системы критериев содержания и формата итоговых результатов;

- по каждому приоритетному направлению развития науки и технологий были выделены ключевые научно-технологические группы, а также инновационные продукты, которые могут быть разработаны на их основе в период до 2030 года (рис. 3.1-3.6);
- итоговые материалы были обсуждены на рабочих группах в ноябре 2011 года с участием ключевых представителей научного академического сообщества, в т.ч. академиком РАН Н.П. Алешина, В.Т. Иванова, Е.Н. Каблова, М.П. Кирпичникова, А.С. Коротева, А.А. Макарова, В.В. Осико, И.А. Соколова, В.Е. Фортова, С.Н. Хаджиева, В.Н. Чарушина, Б.Н. Четверушкина и др.;

Приведенные в докладе результаты являются предварительными, и будут существенным образом верифицироваться и детализироваться в 2012 году. Предполагается, что в итоге в рамках проекта будут получены две группы основных результатов.

1. Важнейшие технологии, инновационные продукты и услуги, формирующие будущее мировых рынков в долгосрочной перспективе. Эта группа формируется с учетом долгосрочных глобальных тенденций научно-технологического и инновационного развития, возможностей реализации конкурентных преимуществ российских производителей на будущих рынках.

2. Наборы продуктов и технологий, обеспечивающих решение ключевых проблем, преодоление вызовов в приоритетных направлениях развития науки и технологий в средне- и долгосрочной перспективе. Данная группа формируется с учетом спроса на технологические инновации со стороны российских предприятий, в том числе связанных с реализацией программ инновационного развития крупных компаний с государственным участием.

Для обсуждения, верификации и валидации полученных в ходе проекта результатов будут привлекаться тематические рабочие группы по долгосрочному прогнозированию, включающие в себя более 600 ведущих российских и зарубежных ученых, представителей бизнеса, органов государственного управления. В рамках проекта функционирует Международный консультативный совет, в который вошли ключевые зарубежные специалисты в области методологии прогнозных и форсайтных работ под руководством проф. Люка Джорджиу – вице-президента Университета Манчестера (Великобритания), представители ОЭСР,

³ В том числе, с учетом паспортов критических технологий РФ, материалов рабочих групп ФЦП «Исследования и разработки», долгосрочных прогнозов научно-технологического развития ключевых секторов экономики, материалов технологических платформ, глобальных вызовов

ЮНИДО, Института перспективных технологических исследований ЕС и др.

Результаты выполнения данного проекта и всего комплекса работ по долгосрочному научно-технологическому прогнозированию планируется обсудить на международном семинаре по долгосрочному прогнозированию науки и технологий весной 2012 года, а также в рамках крупной международной конференции по научно-технологическому Форсайту в сентябре 2012 года.

Доклад содержит краткое описание целей и задач проекта (раздел 1), основные методологические принципы исследования (раздел 2), краткое содержание результатов по первому этапу проекта (раздел 3), в т.ч. описание тематических областей, выделенных по каждому приоритетному направлению развития науки и технологий, ключевых заделных исследований в каждой тематической области, ожидаемых «укрупненных» результатов к 2030 году и примеров конкретных групп продуктов (раздел 3.3), описание ключевых потребителей (бенефициаров) результатов (раздел 4), списки ключевых экспертов, принимавших участие в формировании и обсуждении материалов проекта (разделы 5 и 6) и перечень ключевых литературных источников (раздел 7).

1. Основные цели и задачи работы

Успехи в деле технологической модернизации российской экономики в значительной степени зависят от того, насколько точно будут сформулированы приоритетные задачи для всех ее отраслей, а также определены параметры ресурсов, необходимых для их решения. Стратегические приоритеты модернизации должны опираться на широкий спектр перспективных направлений НИОКР, конкурентные преимущества России, учитывать современные глобальные научно-технологические тренды.

Результаты проведенных ранее исследований по построению долгосрочного прогноза свидетельствуют, что по ряду важных направлений мирового научно-технологического развития Россия заметно отстает от ведущих зарубежных государств. Выход страны на траекторию устойчивого роста и решение большого числа накопившихся проблем может обеспечить только активный инновационный сценарий, что, в свою очередь, предполагает выход российской науки на передовые позиции и создание серьезного научно-технического задела, позволяющего в долгосрочной перспективе формировать конкурентные позиции на возникающих рынках инновационной продукции⁴.

В этой связи возникает необходимость актуализации долгосрочного прогноза важнейших направлений научно-технологического развития на период до 2030 г.

Цель проекта (2011-2013 гг.) – определить наиболее важные для России области развития и практического применения науки и технологий, а также выявить направления, на которых возможна реализация крупных инновационных проектов.

Выполняемая работа позволит определить:

- актуальное состояние научно-технического и инновационного потенциала России;
- важнейшие тренды в научно-технологической сфере и вызовы, влияющие на траекторию долгосрочного инновационного развития России;
- факторы, определяющие формирование новых рынков инновационной продукции;
- результативность технологической модернизации в секторах российской экономики;
- перспективные области спроса на российские инновационные разработки;
- факторы риска в научно-технологической сфере России в долгосрочной перспективе;
- перспективные направления развития международного сотрудничества в сфере науки и технологий.

На основе аналитических и экспертных исследований предусматривается разработка прогноза развития науки и технологий, инновационных рынков и спроса на технологии; валидация результатов разработки долгосрочного прогноза в экспертном сообществе; формирова-

⁴ См. <http://mon.gov.ru/work/nti/dok/str/08.12.18-prog.ntr.pdf> .

ние предложений по встраиванию результатов прогноза в систему государственной научно-технической и инновационной политики.

Одной из задач проекта является информирование всех заинтересованных участников о перспективных направлениях научно-технического и инновационного развития.

Цель первого этапа проекта (2011 г.) – оценка научно-технического и инновационного потенциала страны и выявление наиболее перспективных «заделных» отечественных исследований и разработок.

Задачи первого этапа:

- разработка методологии и процедур актуализации долгосрочного прогноза направлений научно-технологического развития в Российской Федерации;
- выявление важнейших глобальных и национальных трендов научно-технологического развития;
- оценка ключевых вызовов, определяющих траекторию инновационного развития России в средне- и долгосрочной перспективе;
- оценка актуального состояния научно-технического и инновационного потенциала России;
- формирование и организация работы экспертных панелей по всем направлениям подготовки прогноза, в том числе, с привлечением ведущих зарубежных экспертов;
- формирование методологической группы из 15-20 зарубежных экспертов, представляющих международные организации – ОЭСР, ЮНИДО и др., а также ведущие мировые Форсайт-центры и институты стратегического прогнозирования;
- привлечение к разработке прогнозных материалов отраслевых центров по долгосрочному прогнозированию при ведущих вузах;
- проведение библиометрического и патентного анализа, выявление принципиально новых научных результатов и технологий;
- разработка актуализированной версии долгосрочного прогноза развития науки и технологий в Российской Федерации.

Данный проект выполняется в тесной увязке с другими прогнозными исследованиями, призванными обеспечить решение следующей группы задач:

- разработка дорожных карт научно-технологического и инновационного развития по приоритетным направлениям развития науки и технологий и по ключевым секторам российской экономики;
- прогноз ключевых ресурсов, обеспечивающих возможности дальнейшего научно-технологического и инновационного развития;

– разработка предложений по использованию результатов проекта в процессе разработки инновационной политики – при формировании государственных программ, технологических платформ, программ инновационного развития компаний с государственным участием и др.;

– создание методологической и организационной основы для формирования и функционирования инфраструктуры, обеспечивающей на постоянной основе актуализацию научно-технологического прогноза и мониторинг состояния научно-технологической сферы и инновационных процессов в экономике;

Результаты этих работ будут отражены в комплексном прогнозе научно-технологического развития до 2030 г., который будет представлен по итогам проекта в 2013 г.

2. Методические подходы и информационная база проекта

Основное назначение долгосрочного прогноза развития науки и технологий – выявление наиболее перспективных областей исследований и разработок, прорывных технологий, инновационных продуктов и услуг, обеспечивающих формирование в России нового технологического уклада, повышение качества жизни и конкурентоспособности национальной экономики и отвечающих на глобальные и национальные вызовы современного развития. Прогнозные данные должны лечь в основу формирования новых и актуализации существующих инструментов научно-технической и инновационной политики.

При разработке прогноза реализуются два подхода: выявление возникающих областей научных исследований (в т. ч. междисциплинарных), способных в долгосрочной перспективе радикальным образом повлиять на экономику, общество, окружающую среду (technology push), а также постановка новых задач для сферы науки и технологий, инициированных развитием реального сектора (в т. ч. связанных с необходимостью технологической модернизации), запросом со стороны общества, необходимостью поиска ответов на глобальные вызовы (market pull).

Необходимость решения данной задачи определяет ключевые принципы подготовки долгосрочного прогноза, соответствующие методические подходы, процедуры его организации, в т.ч. выстраивание взаимосвязей с другими прогнозными работами, выполняемыми в рамках системы долгосрочного прогнозирования научно-технологического развития Российской Федерации.

В основу разработки прогноза положены принципы, предусматривающие привлечение всех заинтересованных сторон – государства, бизнеса, научного сообщества. В их задачи входит выявление возможных вариантов долгосрочного развития, согласование наиболее приемлемого варианта видения долгосрочных перспектив российской науки, разделяемого ключевыми «игроками» (стейкхолдерами). Практические инструменты разработки прогноза включают в себя: создание обширной информационной базы; проведение системы аналитических исследований на основе эмпирических данных; отбор наиболее квалифицированных экспертов и их вовлечение в активное, творческое обсуждение долгосрочных перспектив развития науки и технологий; выявление возможных долгосрочных эффектов и выбор на этой основе важнейших направлений научного развития, требующих первоочередной поддержки; подготовку предложений по адекватным и эффективным мерам государственной поддержки науки и технологий. Одним из ключевых аспектов, от которых зависит успех всего проекта, является широкое обсуждение полученных промежуточных и итоговых результатов с экспертным сообществом, всеми заинтересованными участниками и бенефициарами.

В рамках проекта используются и развиваются теоретические и методические разработки, которые применялись в исследованиях по определению средне- и долгосрочных пер-

спектив научно-технологического развития России, выполненных в 2007-2010 гг. При разработке методологической базы прогноза учитывались рекомендации международных организаций по методологии долгосрочного прогнозирования развития науки и технологий (ОЭСР, ЮНИДО, Еврокомиссия), методологические разработки ведущих Форсайт-центров мира (Корпорация РЭНД, Национальный институт научной и технической политики Японии, Университет Манчестера, Институт перспективных технологических исследований ЕС и др.).

Методика проведения работы по актуализации прогноза научно-технического развития включает несколько взаимосвязанных блоков.

2.1. Формирование информационной базы

Информационную основу работы составляют несколько групп источников:

- результаты выполненной в рамках проекта серии аналитических и экспертных исследований (статистический анализ, библиометрический анализ, патентный анализ, экспертные интервью, опросы экспертов и другие экспертные процедуры);
- базы данных прогнозов, сформированные участниками предыдущего цикла Форсайт-исследований;
- документы, характеризующие долгосрочное развитие российской экономики и ее секторов (Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, стратегии развития отраслей и госкорпораций, программы инновационного развития компаний и др.);
- аналитические исследования, национальные прогнозы, Форсайт-проекты международных организаций (ООН, Всемирного банка, Международного валютного фонда, ЕС, ОЭСР и т. д.), ассоциаций и корпораций. В их число входят различные прогностические документы государственных структур и корпораций, прогнозы независимых и корпоративных аналитических центров, отраслевых и профессиональных ассоциаций, Форсайт-исследования (стран ЕС, Японии, США и др.), открытые исследования консалтинговых фирм.

2.2. Актуализация прогноза научно-технологического развития России до 2030 г.

2.2.1. Долгосрочный прогноз разрабатывается для всех приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и выполняется в несколько последовательных этапов. Общий характер методологии определяется практической направленностью актуализированной версии долгосрочного прогноза, предполагающей встраивание его результатов как в существующие, так и в новые инструменты научно-технической и инновационной политики. На рисунке 1 продемонстрирована логика и последовательность проведения работ по актуализации прогноза, а также содержательное наполнение каждого этапа.

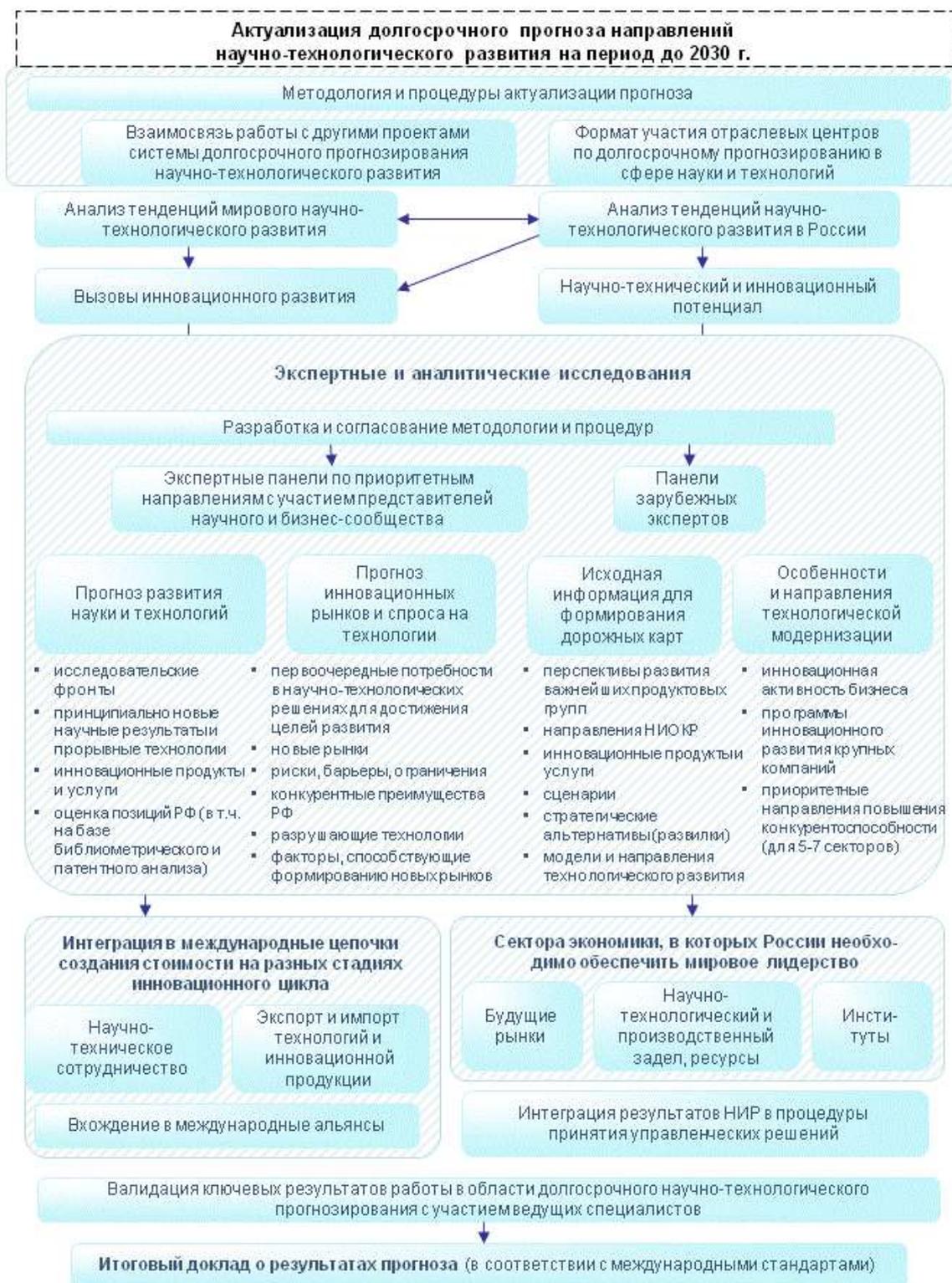


Рис. 1. Этапы актуализации прогноза научно-технологического развития до 2030 г.

2.2.2. Выбор аналитических и экспертных методов. Практическая направленность прогноза предполагает использование комплексного инструментария стратегического прогнозирования, основанного на совместном использовании различных качественных и количественных методов. В соответствии с поставленными задачами и условиями разработки долго-

срочного прогноза была использована система наиболее эффективных аналитических и экспертных методов. Среди них – анализ различных информационных источников; изучение статистических данных, библиометрический анализ, патентный анализ, проведение экспертных панелей, в том числе с участием зарубежных экспертов, организация экспертных интервью и опросов экспертов. Применение такого инструментария в полной объеме осуществляется в России впервые и позволит существенно повысить качество долгосрочных прогнозных оценок.

Указанные методы ориентированы на разработку актуализированного долгосрочного прогноза, включающего прогноз развития науки и технологий, прогноз инновационных рынков и спроса на технологии, а также систематизацию направлений технологической модернизации.

2.3. Проведение аналитических и экспертных исследований

2.3.1. На начальном этапе проводятся аналитические исследования с целью выявления вызовов и тенденций мирового научно-технологического развития, оценки актуального состояния научно-технического и инновационного потенциала России и оценки результативности технологической модернизации в секторах отечественной экономики.

2.3.2. В этих целях формируются экспертные панели с участием ведущих представителей науки, образования, сферы бизнеса и органов управления. При формировании экспертных панелей и отборе экспертов используются различные процедуры оценки их компетентности.

К работе над прогнозом привлекаются эксперты высшей квалификации, в том числе академики и члены-корреспонденты государственных академий наук, доктора и кандидаты наук, руководители промышленных компаний и их ведущих подразделений, главные и ведущие конструкторы.

2.3.3. Важным новым моментом подготовки актуализированной версии долгосрочного прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 г. является участие в нем специалистов сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития, создаваемых на базе ведущих российских вузов. В связи с этим предлагаются новые решения, позволяющие интегрировать материалы отраслевых прогнозных исследований в общую структуру национального прогноза научно-технологического развития.

2.3.4. К работе над проектом привлекается методологическая группа из 15-20 зарубежных экспертов из ОЭСР, ЮНИДО, мировых Форсайт-центров и институтов стратегического прогнозирования – Университета Манчестера (Великобритания), Института перспективных технологических исследований ЕС (Испания), Национального института научно-технической политики (Япония), Института системных инновационных исследований (Германия). Эти эксперты участ-

вуют в совершенствовании методологии проводимых исследований и валидации полученных результатов.

2.3.5. К функциям экспертных панелей относятся: научно-методическое обеспечение работ по формированию приоритетов научно-технологического развития, анализ результатов экспертных опросов, выбор и оценка инновационных продуктов, подготовка аналитических материалов по перспективным тенденциям развития важнейших технологических направлений, редактирование и представление итоговых материалов.

2.3.6. Для сбора и анализа информации, необходимой для характеристики инновационных приоритетов, оценки инновационных продуктов, подготовки информации для дорожных карт *организуются опросы и интервью*. В общей сложности будут проведены 150 интервью и опрос экспертов более чем из 500 организаций, в т. ч. научных центров, а также производителей и потребителей инноваций.

2.4. Анализ результатов и подготовка рекомендаций

2.4.1. Информация, полученная в экспертных процедурах, используется при формировании материалов прогноза, содержащих результаты выявления / оценки:

– влияния технологий на возникновение новых рынков и возможностей выхода на эти рынки отечественных производителей;

– перспектив развития инновационных рынков и спроса на технологии, в том числе с учетом возможного влияния прорывных и разрушающих технологий;

– прорывных технологий, инновационных продуктов и услуг, обеспечивающих формирование в России нового технологического уклада, повышение качества жизни и конкурентоспособности национальной экономики;

– важнейших продуктовых сегментов и их характеристика с позиций, необходимых для построения технологических дорожных карт.

Она также используется для подготовки предложений по встраиванию в глобальные цепочки создания стоимости и формированию международных альянсов в сфере науки и технологий.

2.4.2. Новизна предлагаемого подхода (методики) заключается в максимальной ориентации полученных результатов на возможность их практического применения, что обеспечивается применением новых процедур и методов для решения поставленных задач, в частности, обеспечивающих получение информации для построения дорожных карт по наиболее перспективным продуктовым группам и секторам экономики.

2.4.3. Предусматривается разработка предложений *по встраиванию в глобальные цепочки создания стоимости и формированию международных альянсов* в сфере науки и технологий как для продуктовых, так и для технологических кластеров.

2.4.4. Материалы прогноза верифицируются экспертами, среди которых ведущие социологи сферы науки и бизнеса, а также зарубежные аналитики.

2.4.5. На заключительной стадии осуществляется подготовка итогового доклада, интегрирующего основные результаты работ по долгосрочному прогнозированию научно-технологического развития и включающего предложения по встраиванию результатов прогноза в инструменты научно-технической и инновационной политики (технологические платформы, программы инновационного развития компаний с государственным участием, программы развития инновационной инфраструктуры вузов и др.).

3. Ключевые промежуточные результаты

В данном разделе представлены промежуточные результаты трех групп работ, осуществленных в рамках первого этапа исследования.

Первая группа нацелена на оценку итогов технологической модернизации, проведенной за последнее десятилетие в секторах российской экономики. Это необходимо для выявления особенностей и тенденций модернизации; различий в спросе компаний на технологии и технологических решений и задач, постулируемых государством в основных стратегических документах, определяющих будущее развития секторов; оценки в долгосрочной перспективе потребности секторов экономики в результатах заделных поисковых исследований и разработок. Информационной базой для данной группы работ являются утвержденные стратегии и концепции развития секторов, формируемые госпрограммы и подпрограммы, материалы работ российских технологических платформ, отчеты, планы и меморандумы инновационного развития крупных российских компаний, в том числе с участием государства.

Вторая группа работ проведена с целью оценки позиций российской науки в мировом научном пространстве (место в рейтингах по показателям научной продуктивности), а также в наиболее динамично развивающихся направлениях – так называемых исследовательских фронтах. Информационной базой в данном случае являются данные международных и российских статистических источников, а также результаты специализированных исследований, проводимых, в частности, НИУ ВШЭ⁵.

Третья группа работ ориентирована на поиск и выявление ключевых областей перспективных, заделных исследований и разработок по семи приоритетным направлениям развития науки и технологий, которые могут в долгосрочной перспективе оказать наибольшее влияние на создание новых инновационных рынков, продуктов и услуг, решение важнейших социально-значимых задач, возможности «парирования» будущих угроз и вызовов.

В качестве информационной базой здесь привлекаются:

- наиболее известные российские и зарубежные публикации в области научно-технологического прогнозирования⁶;
- результаты углубленных интервью, материалы совещаний, специализированных семинаров и заседаний рабочих групп, проведенных с участием экспертов - представителей ведущих российских академических организаций и институтов по семи приоритетным направлениям развития науки и технологий (более 100 экспертов), позволяющие сформировать

⁵ См., например, ежегодные статистические сборники НИУ ВШЭ «Индикаторы науки», «Индикаторы инновационной деятельности» и др.

⁶ См., например, публикации ОЭСР, корпорации РЭНД, NISTEP и др. из прилагаемого списка использованной литературы.

представление об «интегрированном мнении» экспертного сообщества о перспективных научно-технологических направлениях.

3.1 Промежуточные оценки итогов технологической модернизации, проведенной за последнее десятилетие в некоторых секторах российской экономики

Потребность в модернизации российской экономики уже давно осознается и руководством страны, и бизнесом. Новый государственный курс на «всестороннюю модернизацию», ориентированную на «умную экономику, производящую уникальные знания, новые вещи и технологии, полезные людям», был сформулирован Президентом России в 2009 году⁷. Очевидно, что реализуемые и запланированные «модернизационные» мероприятия формируют возрастающий спрос на новые технологии и технологические решения.

Модернизация экономики на практике осуществляется по двум основным направлениям – обновление устаревшей материальной базы производства и перестройка структуры экономики. Последнее, в частности предполагает увеличение удельного веса высокотехнологичных отраслей и формирование за счет их опережающего развития инновационной модели российской экономики.

Подводя промежуточные итоги, следует отметить что, если по первому направлению, где основными участниками являются бизнес и государство, наблюдаются определенные успехи в отдельных сегментах экономики, то второе направление развивается крайне медленно, в основном за счет усилий и ресурсов государства. Заметно разнятся и акценты модернизации. В первом случае российский бизнес, как правило, решает задачи сохранения текущей (и в лучшем варианте среднесрочной) конкурентоспособности. При этом компании сохраняют ориентацию на внутренний рынок или рынок СНГ (за исключением сырьевых секторов).

Несмотря на некоторые успехи, технологическая модернизация устаревшей материальной базы производства пока не стала повсеместной, поскольку затронула в основном крупные и – фрагментарно – средние предприятия. При этом она осуществляется в основном за счет покупки иностранного оборудования без предварительного анализа возможностей обеспечения с его помощью конкурентных преимуществ в будущем. Отечественные организации, выполняющие научно-технологические разработки, оказались не в состоянии удовлетворить текущие потребности бизнеса, что подтверждается многочисленными эмпирическими

⁷ Д.А. Медведев. Послание Федеральному Собранию Российской Федерации. 12 ноября 2009 года. <http://kremlin.ru/transcripts/5979>.

оценками⁸.

Во втором случае бизнес не так активен и не стремится рисковать. Что касается государства, то его стратегические планы по модернизации в той или иной мере учитывают глобальную повестку (долгосрочные тренды научно-технологического и инновационного развития), однако ресурсов для их реализации в полном объеме явно недостаточно. Структурная перестройка экономики оказалась недостаточно обеспечена научно-технологическими заделами, что не позволяет ускорить темпы ее осуществления. Очевидно, что здесь требуются специальные усилия по организации исследований и разработок, создающих технологическую базу для новой экономики.

Так как процессы технологической модернизации в различных секторах экономики отличаются друг от друга по интенсивности, направлениям и достигнутым результатам, разработчики сочли полезным и целесообразным представить в данном разделе некоторые интересные иллюстрации развертывания этих процессов в отдельных секторах российской экономики.

3.1.1. Позиции России в мировом научном пространстве: возможности прорывов

В данном разделе определена структура и динамика англоязычных публикаций российских авторов с целью оценки изменения роли и места российской науки в глобальном научном процессе. «Библиометрические» методы позволяют производить количественный анализ научной коммуникации, результативности и других существенных аспектов функционирования науки. Информационной базой для этого исследования послужила база данных научного цитирования Web of Science компании Thomson Reuters, содержащая библиографические описания статей, опубликованных в научных журналах (в основном: англоязычных) по всем областям науки. На основе этих данных были рассчитаны различные показатели (общий объем и динамика числа публикаций, цитируемость, уровень соавторства, индекс специализации и другие). Это позволило оценить публикационную активность российских ученых в сравнении с учеными из других стран, выявить тренды развития различных научных направлений и дать оценку научного потенциала страны (его слабых и сильных мест).

Российская наука в контексте мировых трендов публикационной активности

В два десятилетия, последовавшие за распадом Советского Союза, в мировой системе

⁸ Государственная поддержка системообразующих организаций: основные инструменты, особенности и проблемы применения. В кн.: Симачев Ю.В, Кузнецов Б.В, Кузык М.Г. «Российская экономика в 2009 году. Тенденции и перспективы». (Выпуск 31), 2010. С. 486—527.

научной коммуникации сложились тренды, отражающие значительные изменения в мировом раскладе сил в сфере науки и технологии. Прежде всего, это связано с ослаблением позиций российской науки и резким увеличением присутствия партнеров России по BRIC (см. Таблицу 1) и некоторых других развивающихся стран (прежде всего, Южной Кореи, Тайваня и Турции), которые в последнее десятилетие наращивали число публикаций, индексируемых в международных индексах цитирования, сверхбыстрыми темпами.

Таблица 1. Число и динамика научных публикаций России и стран BRIC в 2000-2008 годы.

Страна	Число публикаций: 2008	Прирост числа публикаций: 2000-2008 (%)
Китай	107786	188
Индия	42293	128,7
Бразилия	32061	158,4
Россия	30555	-2,3

Источник: Рассчитано ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ по данным Web of Science.

Число российских публикаций в журналах, индексируемых в Web of Science, снижалось в 1990-е годы и стало вновь расти во второй половине 2000-х годов, составив в 2010 г. более 29 тыс. публикаций (см. Таблицу 2). При этом удельный вес российских публикаций в общемировом потоке также снижался и стабилизировался в последние годы на уровне 1,7%. Необходимо отметить, что данная тенденция коснулась и других традиционных стран-лидеров (Северная Америка и Западная Европа), что, по всей видимости, связано с опережающим ростом потока англоязычных публикаций из развивающихся стран. Соответственно, если в первой половине 2000-х годов в рейтинге по числу публикаций в ведущих научных журналах мира Россия занимала 9-ю позицию, то сейчас она опустилась на 13-ю строчку. Однако при этом не следует забывать, что базы данных Scopus, Web of Science (и аналогичные ресурсы) покрывают преимущественно англоязычную литературу в ущерб научной литературе на других языках. Поскольку англоязычные публикации все еще составляют незначительную долю в общем числе российских публикаций (не более 10%), то большая часть последних не учитывается при межстрановых сопоставлениях публикационной активности.

Слабые показатели динамики “международной” публикационной активности российских ученых при высоких темпах роста, наблюдаемых в других странах, позволяют предположить, что в ближайшие годы эта негативная тенденция будет только усиливаться. Первая десятка лидеров в основном (за исключением китайского прорыва) остается неизменной все последние годы. Тем не менее, баланс сил в мировой науке постепенно начинает перераспределяться в пользу государств, заявивших о себе как о новых мировых научных центрах.

Таблица 2. Место России по основным индикаторам публикационной активности.

Наименование индикатора	Россия	Мировые лидеры
Доля публикаций российских авторов в общемировом потоке научных публикаций (2010 г.)	1,7 %	США - 27,3% Китай - 10,4% Германия - 6,6% Япония - 5,4%
Число публикаций (2001 – 2010 гг.)	261,9 тыс. 13 место в мире	США - более 3 млн Китай - 815,6 тыс. Германия – более 772,0 тыс. Япония - 761,2 тыс.
Число полученных ссылок	1,2 млн 21 место в мире	США - 47,3 млн Германия - 10,2 млн Великобритания - 10,2 млн Япония - 7,8 млн
Среднее число ссылок, получаемых одной статьей (2001 – 2010 гг.)	4,75 126 место в мире	Швейцария - 16.62 Дания - 15.78 США - 15.75
Доля высокоцитируемых публикаций в общем числе высокоцитируемых публикаций по всем странам (2001 – 2010 гг.)	0,67% 22 место в мире	США - 35,11% Великобритания - 7,65% Германия - 7,12% Франция - 4,45% Канада - 4,2%
Участие в актуальных исследовательских фронтах	21 исследовательский фронт (32 статьи)	145 исследовательских фронтов (3650 статей)

Источник: Рассчитано ИСИЭЗ по данным информационных ресурсов Web of Science и Essential Science Indicators, компания Thomson Reuters.

По числу полученных ссылок Россия, занимавшая в начале десятилетия 17-е место, к его концу выбыла из первой двадцатки. Хотя показатели цитируемости российских публикаций в последние двадцать лет улучшились в сравнении с советским периодом, российскую научную продукцию все еще характеризует чрезвычайно низкое число ссылок, получаемых в среднем одной статьей. Для сравнения, статья российского автора цитируется в среднем в 3,3 раза реже, чем статья американского ученого. По данному показателю Россия сопоставима скорее с развивающимися и постсоветскими государствами, чем с экономически развитыми странами Европы и Северной Америки. В целом российские публикации цитируются примерно в два раза реже среднемирового уровня. При этом средний уровень цитируемости варьирует в зависимости от научной области. Он наиболее близок к среднемировому значению только в физике.

По данному показателю лидируют США, а также сравнительно небольшие страны, та-

кие как Швейцария, Дания, Шотландия, Нидерланды и др. В первую двадцатку также входят страны-лидеры по абсолютному числу публикаций и цитирований, такие как Германия, Франция и Англия, в то время как Япония и Китай оказываются за его пределами. На данный показатель существенно влияет язык публикации: он наиболее высок у тех стран, в которых ученые предпочитают публиковать статьи на английском языке в силу того, что он является для них родным, или по причине ограниченности рынка научных публикаций на национальном языке.

Схожий тренд характеризует динамику российских высокоцитируемых статей. Высокоцитируемые публикации (highly cited papers) включают сравнительно небольшой кластер самых влиятельных научных публикаций (приблизительно 1%) в той или иной области. Наличие высокоцитируемых статей свидетельствует об уровне развития и международного признания науки той или иной страны. Число таких публикаций с участием российских авторов значительно выросло к концу десятилетия (с 86 в 2001 г. до 149 в 2010 г.). Однако, для сравнения, в период с 2001-го по 2010 год значение данного показателя выросло почти в 6 раз в Китае и более чем в два раза в таких странах, как Италия, Австралия, Испания, Бельгия, Шотландия, Южная Корея и Индия, входящих в первую двадцатку рейтинга по числу высокоцитируемых публикаций. При этом доля российских высокоцитируемых публикаций в их общем числе за тот же период составляет 0,67%, что сопоставимо со значением этого показателя у Индии, Южной Кореи, Китая, Японии и значительно ниже, чем у других стран из первой двадцатки. Лидерами по данному показателю являются те же страны, что занимают места в первой пятерке по числу цитирований, приходящихся на одну статью.

Библиометрические исследования паттернов академического соавторства на мировом уровне в последние двадцать-тридцать лет показывают существенный рост числа статей, подготовленных авторами из двух-трех и большего числа стран, что отражает углубляющуюся специализацию и глобализацию производства знания. В частности, наблюдается возрастающая роль в международном сотрудничестве стран BRIC, причем лидирует по данному показателю в четверке стран Россия. Число статей, опубликованных российскими учеными в международном соавторстве, в период с 1980 по 2008 годы возросло с 3% до 30%, достигнув уровня США. При этом показатели международного соавторства демонстрируют наличие устойчивых во времени научных связей между разными группами стран. Основными партнерами России в научной сфере в 2000-е годы оставались (в порядке убывания числа совместных публикаций) Германия, США, Франция, Великобритания, Италия и Япония. За этот период возросли как абсолютные, так и относительные показатели соавторства с этими странами. В последние годы заметно вырос уровень сотрудничества с Польшей, Швейцарией, Испанией и Канадой. Впервые в двадцатке основных научных партнеров России появились Китай и Юж-

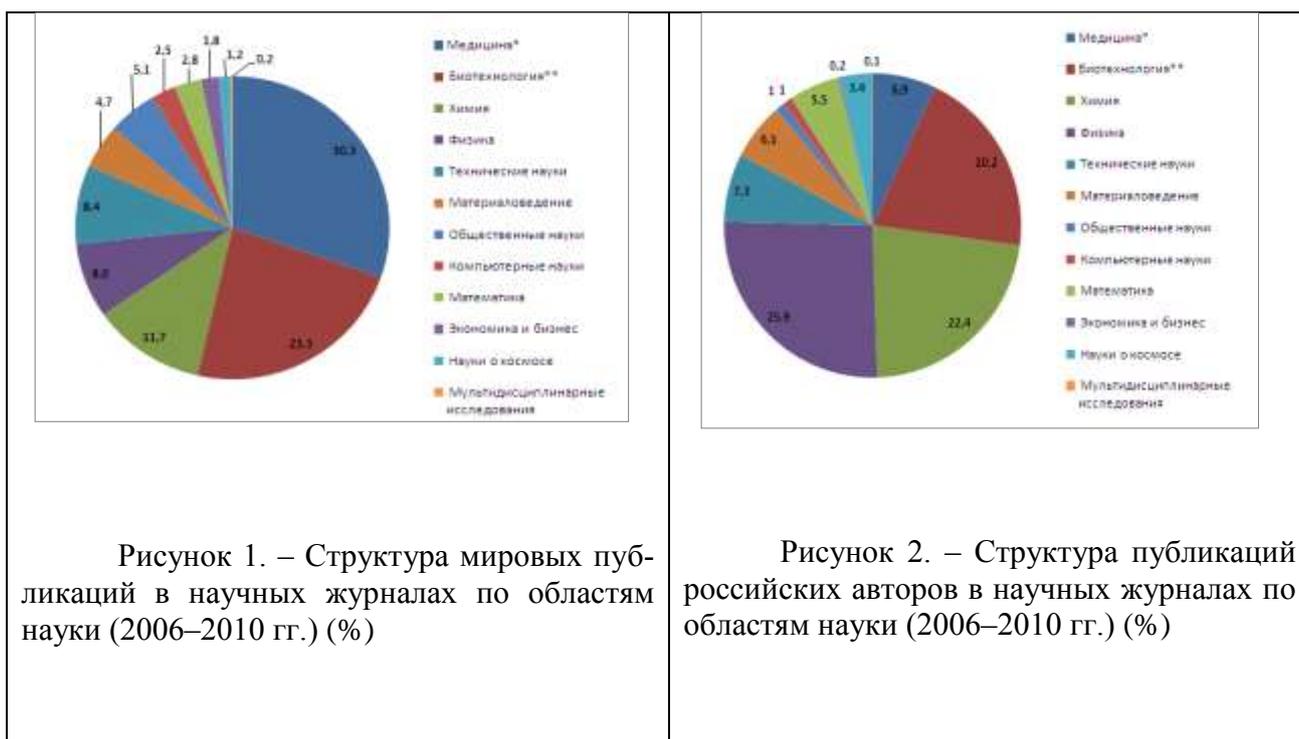
ная Корея, в то время как из нее выбыла Украина. Это свидетельствует о постепенной переориентации научных связей России на страны, усиливающие свои позиции в мировой науке.

В свою очередь Россия продолжает играть важную роль в научной жизни постсоветского пространства. Наибольший удельный вес совместных публикаций с Россией наблюдается у Таджикистана и Кыргызстана (около 30% публикаций), Казахстана (20.8%), Беларуси (16.9%), Украины (7%) и других бывших республик.

3.1.2. Специализация российской науки в сравнении с мировой

Об уровне публикационной активности страны в различных областях дает представление "индекс научной специализации", определяемый как соотношение удельного веса той или иной науки в национальной и мировой структуре публикаций. В соответствии с этим, российская наука в двухтысячные годы специализируется в следующих дисциплинах (в порядке убывания индекса): физика, науки о космосе, науки о Земле, химия, математика, материаловедение, технические науки.

Сравнительный анализ распределения мировых и российских публикаций в научных журналах по областям науки (Рисунки 1 и 2) показывает, что специализация российской науки отличается от мировой. Если в мире приоритетное развитие сегодня получает медицина (30%), то в России научным исследованиям в данной области уделяется намного меньше внимания. Другим важным отличием структуры публикаций в России по областям науки в сравнении с общемировой структурой является чрезвычайно низкий удельный вес статей в области общественных и гуманитарных наук.



*,** Для проведения сопоставительного анализа были сделаны следующие допущения: к области «Медицина» отнесены: клиническая медицина, нейронауки и поведенческие науки, психиатрия и психология, фармакология и токсикология, иммунология; к области «Биотехнологии» отнесены: биология и биохимия, о растениях и животных, науки о Земле, молекулярная биология и генетика, об охране окружающего мира и экология, сельскохозяйственные науки, микробиология

Источник: Essential Science Indicators.

В 2006-2010 годы российская наука продолжала специализироваться в таких областях, как физика (около 26%), химия (более 22%), науки о космосе, науки о Земле, математика, материаловедение, технические науки, получившие приоритетное развитие (в ущерб другим направлениям) еще в советский период. Отставание по таким приоритетным в глобальной науке направлениям, как клиническая медицина, иммунология, токсикология и фармакология, а также в общественных и гуманитарных областях знания все еще велико.

Еще более ярко выраженный тренд к преобладанию естественно-научных дисциплин, и в первую очередь физики, можно наблюдать в том, что касается высокоцитируемых публикаций российских авторов. Если обратиться к распределению статей данной категории по областям науки, то в среднем в мире в нее чаще всего попадают публикации по клинической медицине (21%), за которой следуют химия (12%), физика (9%) и технические науки (8%). В российском кластере высокоцитируемых статей со значительным перевесом лидирует физика, на которую приходится почти половина всех публикаций, пользующихся наибольшим мировым признанием. Клиническая медицина, технические науки, химия и науки о Земле дают еще приблизительно 30% всех высокоцитируемых публикаций. При этом химия демонстрирует неожиданно низкие показатели: хотя эта дисциплина обеспечивает приблизительно четверть всего публикационного потока России в ведущих мировых журналах, на ее долю приходится лишь 7% высокоцитируемых публикаций.

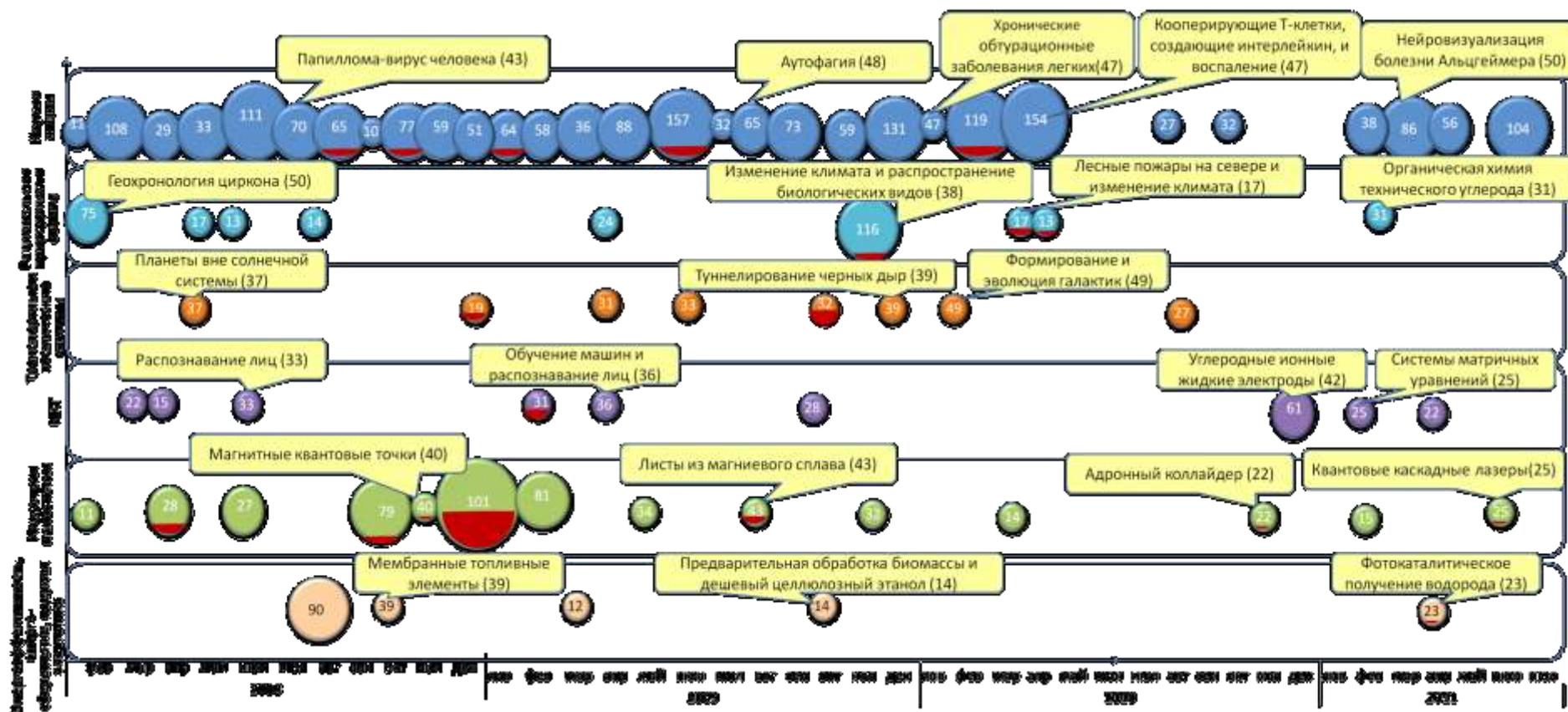
Физика лидирует по показателям престижа также в процентном отношении: ее удельный вес в общем числе высокоцитируемых публикаций российских авторов превышает аналогичный среднемировой показатель более чем пятикратно. Следует отметить более значительное, в сравнении с общемировым распределением, присутствие высокоцитируемых статей в сфере наук о Земле, наук о космосе и математики. Именно эти области российской науки вносят наиболее значимый вклад в мировой научный процесс. Напротив, наименьшие шансы попасть в число высокоцитируемых имеют российские публикации в области иммунологии, фармакологии и токсикологии, нейронауки и поведения, психиатрии и психологии, экономики и бизнеса, компьютерных и общественных наук.

3.1.3 Исследовательские фронты: на чем сосредоточен (что волнует) научный мир последние 3 года?

Анализ наиболее динамично развивающихся областей научных исследований в мире и оценка роли России в их развитии опираются на регулярно обновляемые данные о вновь возникающих исследовательских фронтах (research fronts). Исследовательский фронт представляет собой совокупность высокоцитируемых публикаций, формируемую при помощи процедур кластеризации. Кластеры, в свою очередь, строятся на основе анализа совместного цитирования статей, то есть измерения количества совместного упоминания пар статей в более поздних публикациях, индексируемых в базе данных Web of Science. Датой возникновения кластера (исследовательского фронта) считается период, в который была зафиксирована наиболее интенсивная цитационная активность по той или иной научной тематике (при этом высокоцитируемые статьи, входящие в тот или иной кластер, могут быть опубликованы и в более ранний период). Список актуальных исследовательских фронтов обновляется каждые два месяца в соответствии с данными о частоте цитирования в различных областях науки. Список исследовательских фронтов по всем естественнонаучным направлениям публикуется на наукометрическом интернет-ресурсе Science Watch (Thomson Reuters).

Наибольшее число актуальных исследовательских фронтов (80, или более половины) приходится на такое приоритетное направление развития науки и технологий в РФ, как «Науки о жизни». При этом следует отметить, что именно в связанных с данным направлением областях науки (клиническая медицина, психология и психиатрия, иммунология, токсикология и фармакология, микробиология, молекулярная биология и генетика человека) обнаруживается наибольшее отставание России от мировых научных лидеров по числу высокоцитируемых статей. Не случайно по этому направлению вклад России в развитие наиболее актуальных исследовательских фронтов является наименьшим. Вторым по числу исследовательских фронтов (26) в указанный период стало приоритетное направление «Индустрия наносистем», на которое приходится наибольшее число статей с российским участием. Иначе говоря, российский вклад наиболее значителен в исследовательские фронты, относящиеся к нанотехнологической тематике. Парадоксально, но российский вклад невысок и в исследовательские фронты, связанные с исследованием космоса (8 фронтов) и с энергосберегающими технологиями (8 фронтов). На основании проведенного анализа рекомендуется обратить особое внимание на развитие в России этих и других областей науки и технологий, по которым российские ученые сегодня не в состоянии конкурировать с мировыми лидерами.

Рисунок 3. Ключевые исследовательские фронты, выявленные за период 2008-2011 гг. по шести приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.



Легенда: площадь круга – количество фронтов в каждом приоритетном направлении (по вертикали); цифра на круге – количество статей суммой (по фронтам) – (может быть 4 фронта по 2 статьи каждый и 1 фронт за 8 статей); там, где цвет окрашен в красный – присутствуют российские авторы; по каждому году указаны названия фронтов с максимальным количеством статей (в скобках).

Источник: расчеты ИСИЭЗ по данным информационных ресурсов Web of Science и Essential Science Indicators, компания Thomson Reuters.

Публикации с российским участием присутствуют приблизительно в 14,5% исследовательских фронтов, в то время как доля российских публикаций составляет в них менее 1% (что в целом соответствует величине вклада России в общее число высокоцитируемых статей). Таким образом, российские ученые внесли вклад в каждый седьмой актуальный исследовательский фронт, тематика которых в целом совпадает с проанализированной выше научной специализацией нашей страны. В то же время по каждому из таких направлений работают лишь один-два исследователя (или коллектива), являющихся лидерами или участниками, вносящими вклад в развитие лишь очень небольшого числа исследовательских фронтов.

Таблица 3. Исследовательские фронты с российским участием (2008-2011 гг.).

Названия фронтов	Ключевые слова	Дата	Количество статей (в том, числе российских ученых)
Науки о жизни (80 фронтов)			
Пробиотики и про- тивоокислительный потенциал	Новый индекс совокупного противо- окислительного потенциала; анализ противоокислительного потенциала; измерение противоокислительного потенциала; выявление антиокси- дантной активности, обрывающей це- пи; противоокислительные свойства	Февраль 2010	36 (1)
Лечение диабета 2-го типа с помощью ин- сулина	Базальные аналоги инсулина на осно- ве альбумина (инсулин детемир; сравнительные клинические испыта- ния инсулин детемира; сахарный диа- бет 2-го типа; ежедневное однократ- ное применение базального инсулин гларгина; сравнительный мета-анализ инсулин гларгина	Май 2009	17 (1)
Вакцины от туберку- леза, малярии и ВИЧ	Модифицированный вирус коровьей оспы вирус иммунодефицита челове- ка кллада 1-го типа, модифицирован- ный вектором Анкара; живые вакци- ны туберкулеза на основе микробак- терий <i>bovis bvg</i> ; генетическое разно- образие комплекса микробактерий туберкулеза; микробактерии туберку- леза изоцитрат лиаз	Январь 2009	33 (1)

Флуоресцентный протеин	Одномерный красный флуоресцентный протеин; улучшенный циановый флуоресцентный протеин полезный вариант; дискосома красный флуоресцентный протеин; клавилярия циановый флуоресцентный протеин; суперфолдер зеленый флуоресцентный протеин	Октябрь 2008	26 (1)
Анализ отображения магнитного резонанса для лечения шизофрении и психических расстройств	Исследование тензорного отображения распространения магнитного резонанса; анализ тензорного распространения отображения магнитного резонанса; первое проявление шизофрении; структурное отображение мозговых процессов; продромальная шизофрения	Август 2008	31 (1)
Рациональное природопользование (13 фронтов)			
Суматра-Андаманское землетрясение 2004 г.	Суматра-Андаманское землетрясение 26 декабря 2004 г.; отображение Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г.; прогнозы Суматра-Андаманского землетрясения 2004 г.; большое Суматра-Андаманское землетрясение	Май 2010	13 (1)
Лесные пожары на севере и изменение климата	Пожары в бореальных лесах; перемены в бореальных лесах, вызванные изменением климата; рост числа крупных пожаров, возникающих в западной части США ранней весной; недавние изменения климата; климат	Апрель 2010	17 (2)
Моделирование изменения климата	Оценка процессов обратной связи по изменению климата; моделирование изменения климата; региональные изменения климата; реконструкция климата в предшествующие периоды; опосредованные реконструкции поверхностных температур в северном полушарии	Ноябрь 2009	31 (1)
Индустрия наносистем (26 фронтов)			

Квантовые каскадные лазеры	Квантовые каскадные лазеры терагерцевого диапазона; квантовые каскадные лазеры терагерцевого диапазона, использующие магнитное поле; высоко энерго-эффективные квантовые каскадные лазеры; высокопроизводительные InP квантовые каскадные лазеры среднего инфракрасного диапазона; квантовые каскадные лазеры суб-терагерцевого диапазона	Июнь 2011	25 (1)
Адронный коллайдер	Релятивистские столкновения тяжелых ионов; ультра-релятивистские столкновения тяжелых ионов; плавление цветного стеклянного конденсата; столкновения $d+Au$; эволюция small-x	Ноябрь 2010	22 (1)
Листы из магниевого сплава	Листы из магниевого сплава; обработка магниевого сплава; магниевый сплав az31b ; деформируемый магниевый сплав; значительно деформированные листы сплава mg-al-zn	Август 2009	43 (2)
Теория Баггера-Ламберта	Множественные браны m_2 ; множественные m_2 -браны; множественные мембраны; теория Баггера-Ламберта; общие алгебры Ли	Декабрь 2008	17 (1)
Квантовый эффект холла в графене	Целочисленный квантовый эффект холла в графене; графеновый транспорт; идеальный двуслойный графен; двумерные графеновые слои; неупорядоченный графен	Декабрь 2008	29 (4)
Магнитные квантовые точки	Магнитные квантовые точки; cdse квантовые точки в кремнеземной оболочке; нанокompозитные частицы с ядром/оболочкой из суперпарамагнитных Fe_2O_3 бусин- cdse/zns квантовых точек; магнитные флуоресцентные средства доставки на основе единообразных мезопористых кремнеземных сфер для внедрения	Ноябрь 2008	40 (1)
Источники света на основе фотонно-кристаллического волокна	Источники света на основе фотонно-кристаллического волокна; полое фотонно-кристаллическое волокно, заполненное водородом; источник фотонно-кристаллического волокна; фотонно-кристаллические волокна; полые фотонно-кристаллические волокна	Октябрь 2008	28 (1)

Высококачественные фотонные кристаллические нанорезонаторы	Сверхвысококачественные фотонные кристаллические нанорезонаторы; высококачественные фотонно-кристаллические оптические нанорезонаторы; фотонные кристаллические нанорезонаторы; двумерные фотонные кристаллические плиты; высококачественные фотонные нанорезонаторы	Октябрь 2008	21 (1)
Мезопористые материалы	Литиевые аккумуляторы; катодные материалы; потенциал мощности; анодные материалы; композит; энергия; реактивность; хранение; потенциал; плотность	Апрель 2008	13 (1)
Транспортные и космические системы (8 фронтов)			
Поиск темной материи	сечение полной аннигиляции темной материи; поиски криогенной темной материи; изолированная темная материя WIMP; поиски темной материи эдельвейс- <i>i</i> ; аннигиляция темной материи	Октябрь 2009	32 (4)
Галактические магнитные поля	Внегалактические магнитные поля; космические лучи сверхвысоких энергий; астрофизические магнитные поля; крупномасштабные магнитные поля; кластерные магнитные поля;	Декабрь 2008	19 (2)
Информационно-телекоммуникационные системы (10 фронтов)			
Квантовые вычисления: сверхпроводящие квантовые биты (кубиты)	Сверхпроводящие квантовые биты на основе квантовых электродинамических микросхем; условное стробирование с помощью сверхпроводящих зарядовых кубитов; микросхема сверхпроводящих кубитов; соединение сверхпроводящих кубитов; сверхпроводящие потоковые кубиты	Февраль 2009	31 (3)
Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика (8 фронтов)			
Фотокаталитическое получение водорода	Производство водорода; возобновляемые источники; биомасса; на основе видимого света; фотокатализатор; разложение воды	Апрель 2011	23 (1)

Источник: Информационный ресурс Science Watch, компания Thomson Reuters

Раздел 3.3. Приоритетные направления развития науки и технологий: ключевые заделные исследования и ожидаемые результаты на период до 2030 года

Представленные в данном разделе результаты описывают перспективы семи приоритетных направлений развития науки и технологий следующим образом: для каждого направления выделены тематические области, по которым дано краткое описание заделных исследований и разработок и возможных общих результатов, которые могут быть получены в период до 2030 года. Далее приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

3.3.1 Приоритетное направление «Информационно-телекоммуникационные системы»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Компьютерные архитектуры и системы
2. Телекоммуникационные технологии
3. Технологии обработки информации
4. Элементная база и электронные устройства
5. Методы и средства создания и обеспечения функционирования ИТКС
6. Информационная безопасность
7. Алгоритмы и программное обеспечение

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Компьютерные архитектуры и системы

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: создание и использование эксафлопсных суперЭВМ; вычислительные алгоритмы и программное обеспечение для систем сверхвысокой производительности; распределенные системы и архитектуры; новые архитектуры серверных и персональных компьютерных устройств; новые парадигмы реализации вычислительных процессов, включая нейро-, био- и квантовые вычисления.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- аппаратно-программные комплексы производительностью 1 эксафлопс;
- серверные и персональные петафлопсные системы;

- хранилища данных, в том числе распределенных, для внешнего архивирования с бессрочным хранением и защищенным контролем доступа;
- архитектуры, серверное и периферийное оборудование с пониженным энергопотреблением и теплоотдачей, Green ИТ;
- новые Интернет-архитектуры (сети, формируемые по запросу, оппортунистические сети, сети сетей и пр.);
- вычислительные устройства, построенные на новых принципах и технологиях — нейро-, био-, оптических, квантовых и других.

2. Телекоммуникационные технологии

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: новые технологии передачи информации; новые технологии организации сетей; новые технологии распространения контента.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- аппаратура и системы связи, магистральные телекоммуникационные сети с терабитовой пропускной способностью;
- широкополосные беспроводные сети со скоростью не менее 100 Мбит/с, надежные системы беспроводного широкополосного доступа, динамически адаптирующиеся к конкурентному сетевому окружению;
- оборудование и системы передачи широкополосного цифрового сигнала по сетям электропитания;
- эффективные механизмы оптической коммутации, обеспечивающие прямую передачу данных без их преобразования в электронную форму;
- системы цифрового телевизионного 3D-вещания, интерактивного телевидения, индивидуализации контента при бродкастинге, интеграция технологий телевизионного вещания и Интернет-технологий.

3. Технологии обработки информации

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: методы и технологии сбора, обработки, анализа и хранения сверхбольших объемов информации; новые технологии работы с мультимедийной информацией; новые технологии работы с текстовой информацией; перспективные Web-технологии и системы; технологии и системы цифровой реальности и перспективные интерфейсы между человеком и ИТКС; новые геоинформационные технологии.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продукто-

вых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- системы отказоустойчивого хранения сверхбольших объемов данных;
- сверхбольшие базы формализованных знаний по предметным областям;
- системы формализации и извлечения знаний из неструктурированной и слабо-структурированной информации, системы анализа текстовой информации для решения широкого круга прикладных задач;
- системы определения положения людей или объектов на местности с высокой степенью точности.

4. Элементная база и электронные устройства

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: перспективные технологии автоматизированного проектирования элементной базы; исследование и использование новой элементной базы для создания перспективных ИТКС, в т. ч. на основе спинтроники, нанофотоники и др.; технологии создания сложных функциональных блоков для элементной базы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- технологии автоматизированного проектирования элементной базы, обеспечивающие надежность и безопасность электронных устройств, разрабатываемых с применением элементов в нанометровом диапазоне;
- новые инструменты автоматизации проектирования сверхбольших интегральных схем, базирующиеся на комплексной многоуровневой интеграции методов моделирования, традиционно относящихся к отдельным разрозненным аспектам и уровням проектирования;
- технологии создания новых представителей элементной базы на основе квантовых эффектов, одноэлектроники, спинтроники и фотоники;
- технологии создания сложных функциональных блоков для элементной базы с размерами транзисторов 45, 32, 22, 16 нм и менее;
- интегрированные базы данных технологических файлов для автоматизированных систем проектирования, обеспечивающие ускоренное проектирование и производство интегральных схем на передовых отечественных и зарубежных фабриках.

5. Методы и средства создания и обеспечения функционирования ИТКС

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области

относятся: моделирование сложных систем и процессов; развитие средств проектирования и поддержки функционирования ИТКС; интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений; робототехника; новые технологии и архитектуры предметно-ориентированных ИТКС.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- предсказательные модели сложных технических систем, физических, химических, биологических, экономических, геологических, климатических, социальных и других процессов, а также программно-аппаратные комплексы на их основе;
- модели прогнозирования в различных областях (экономика, погода, социальные явления, эпидемии и пр.) на основе обработки данных, поступающих в реальном режиме времени, а также программно-аппаратные комплексы на их основе;
- глобальные системы идентификации с постоянно действующими универсальными идентификаторами, присваиваемыми в момент появления информационных объектов и неизменяемыми в процессе жизни объектов и их применения в разных информационных системах;
- перспективные сенсорные сети, системы «умный дом», «умная лаборатория», «умное предприятие», «умные энергосети», «умный город» и др.;
- устройства, средства и системы поддержки качества жизни пожилого населения и лиц с ограниченными возможностями, базирующиеся на ИТКС;

6. Информационная безопасность

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: технологии надежной идентификации и аутентификации в информационных сетях; технологии создания надежных и доверенных архитектур, протоколов, моделей; технологии обеспечения информационной безопасности и защиты персональных данных; методы и средства биометрической идентификации личности.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- новые принципы и алгоритмы биометрической идентификации, поиска в биометрических массивах данных;
- технологии квантовой криптографии;

- программно-технические решения разграничения доступа на базе глобальных систем идентификации;

7. Алгоритмы и программное обеспечение

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: перспективные парадигмы и технологии программирования, языки и системы; модели, алгоритмы и программное обеспечение для приоритетных направлений развития науки и технологий; перспективные технологии и решения для операционных систем, СУБД и программного обеспечения промежуточного слоя; когнитивные технологии.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- технологии программирования, облегчающие создание больших программных комплексов, в том числе и для вычислительных систем новейших архитектур;
- языки программирования сверхвысокого уровня, реализующие новые и объединяющие существующие парадигмы и языки (объектно-ориентированные, функциональные, логические, языки спецификаций и другие);
- новые технологические решения для операционных систем, обеспечивающие достоверное доказательство выполнения требований информационной безопасности, поддержку виртуальных, нетрадиционных архитектур и др.;
- технологии автоматизации программирования, включая новые подходы к «программированию без программиста», предметно-ориентированным языкам и к системам программирования, близкие к естественному языку.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

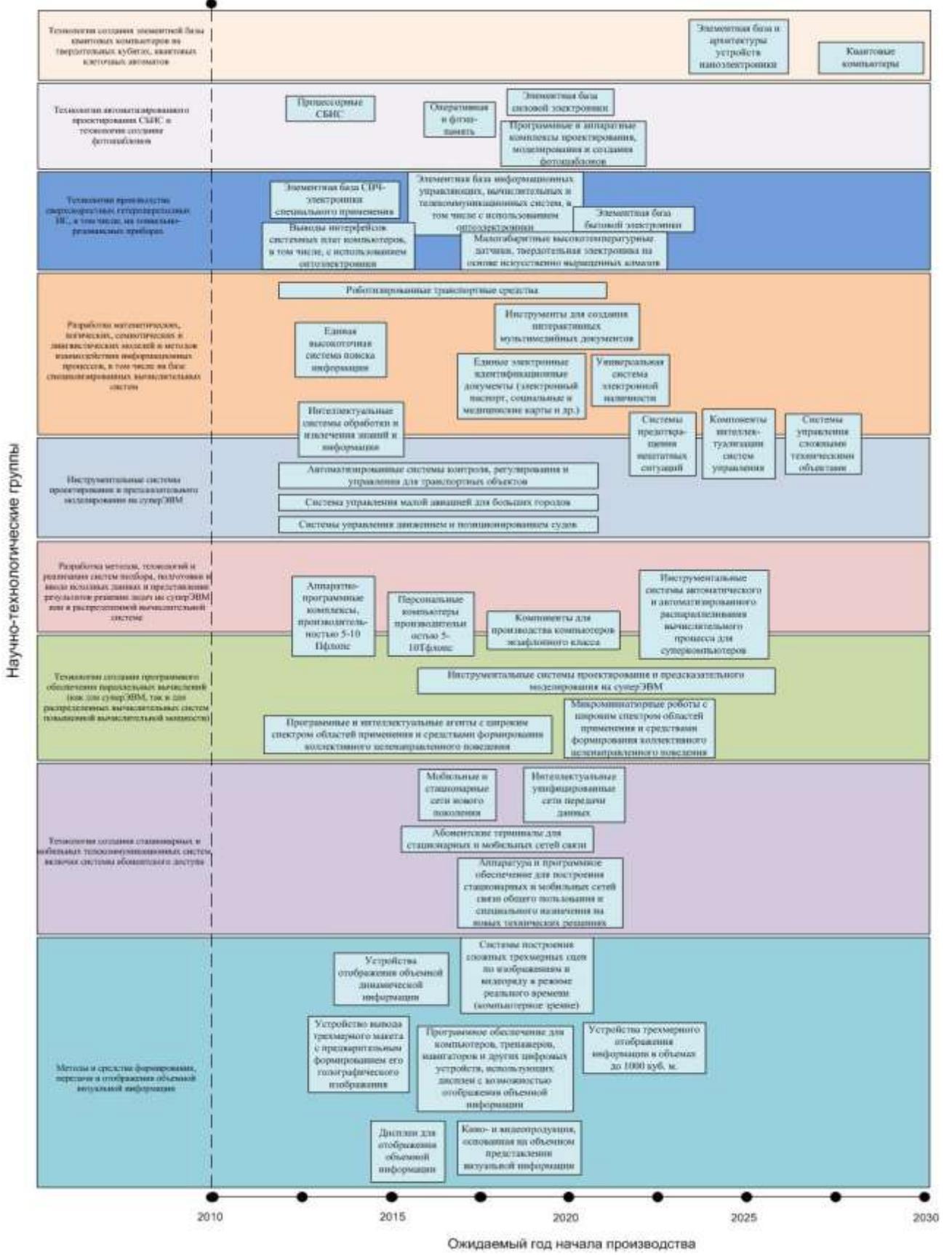


Рисунок 4 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

3.3.2 Приоритетное направление «Биотехнологии»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Промышленная биотехнология
2. Пищевая биотехнология
3. Природоохранные экологические биотехнологии (экобиотехнологии), биоконференции и биоресурсные центры
4. Лесная биотехнология
5. Биотехнологии, используемые в сельском хозяйстве
6. Аквабиоккультура
7. Биоэнергетика

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Промышленная биотехнология

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: создание научно-методической базы, обеспечивающей направленное изменение метаболизма микроорганизмов методами генетической инженерии с целью достижения сверхсинтеза целевых продуктов; новые биотехнологические методы и процессы получения биологически активных соединений, биоматериалов и продуктов органического синтеза; ферменты и их использование в биокаталитических процессах; новые методы получения, выделения и очистки биопродуктов; расширение ресурсной базы промышленной биотехнологии и вовлечение в производство новых типов возобновляемых ресурсов; биогеотехнологии.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- на основе биологического синтеза: создание разнообразных новых продуктов с заданными свойствами в таких областях, как производство биологически активных соединений, рекомбинантных белков, биополимеров, сложных органических соединений, продуктов питания, кормов для животных и др.
- на основе усовершенствованных технологий производства биоматериалов и сложных органических соединений из возобновляемого сырья: крупнотоннажное массовое производство с использованием различных видов биомассы (в первую очередь, растительного происхождения).

2. Пищевая биотехнология

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области

относятся: методы обеспечения безопасности пищевых продуктов; разработка биотехнологических методов получения пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов; разработка методов создания функциональных и специализированных пищевых продуктов.

Также эксперты отмечают, что решение ключевых задач в сфере обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации предполагает развитие фундаментальных и прикладных научных исследований по медико-биологической оценке безопасности новых и традиционных источников пищи и ингредиентов, внедрение инновационных биотехнологий, и эффективную переработку пищевого сырья.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- производство пищевых продуктов, в том числе обогащенных незаменимыми эссенциальными нутриентами;
- функциональные пищевые продукты, в том числе продукты детского питания, диетические, лечебные и профилактические.

3. Природоохранные экологические биотехнологии (экобиотехнологии), биокolleкции и биоресурсные центры

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: новые методы мониторинга с использованием биотестирования и биоиндикации; новые методы очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов; эффективные методы утилизации отходов и остаточных материалов; новые методы защиты от биокоррозии.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены экобиотехнологии и соответствующие производства, включая биотехнологии защиты окружающей среды, биоремедиации грунтов, восстановления экосистем водоемов с использованием живых организмов-биодеструкторов, защиты от биоповреждений и биокоррозии, утилизации отходов. Экологическая биотехнология является областью, направленной на решение природоохранных задач специфическими биотехнологическими методами, сочетающими химические, микробиологические, гидробиологические, почвоведческие, агротехнические, фито- и зооценологические, популяционно-генетические, экологические и токсикологические методы.

Также эксперты отмечают, что важнейшим направлением работы является поддержание и развитие специализированных биокolleкций и биоресурсных центров.

4. Лесная биотехнология

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: исследование подходов к сохранению и воспроизводству лесных ресурсов; методы комплексной глубокой переработки древесины.

Как отмечают эксперты, в мировой практике результаты исследований в области биотехнологий для нужд лесного сектора используются для защиты лесов, производства посадочного материала, оценки качества семенного материала, при мониторинге фитосанитарного состояния, питомников и лесных насаждений, а также для глубокой переработки древесины и утилизации отходов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены: создание современной системы управления лесонасаждениями (с привлечением молекулярных методов), развитие плантационного лесовыращивания, создание новых технологий для малоотходной переработки древесины и утилизации отходов лесной промышленности.

5. Биотехнологии, используемые в сельском хозяйстве

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: разработка новых методов получения высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений с использованием достижений молекулярной и клеточной биологии, генетики и генетической инженерии; разработка высокоточных методов диагностики фитопатогенов; новых биологические средства защиты растений; биотехнологии растительно-микробных сообществ; биотехнологических методов получения кормов, переработки сельскохозяйственного сырья и утилизации отходов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, может быть выделено использование растений в качестве «биофабрик» для продукции рекомбинантных белков, обладающих практической значимостью для промышленной биотехнологии, медицины и ветеринарии, создания новых биоматериалов.

В области животноводства исследования будут направлены на создание новых методов и технологий в целях увеличения генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных, внедрение в программы селекционно-племенной работы технологий клонирования и геномной селекции, систем генетической паспортизации пород сельскохозяйственных животных.

В области ветеринарии исследования будут направлены на разработку новых высококачественных лекарств для животных, ветеринарных диагностикумов и вакцин нового поколения на основе достижений молекулярной биологии и биотехнологии.

6. Аквабиоккультура

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: исследования физико-химических и биологических свойств гидробионтов для их использования в пищевой промышленности, медицине, ветеринарии, энергетике; разработка биотехнологических методов культивирования гидробионтов в искусственных условиях.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены эффективные продукты из гидробионтов Мирового океана и внутренних водоемов (рыб, моллюсков, ракообразных, иглокожих, водорослей, планктона) и промышленные технологии и биотехнологические производства, направленные на комплексную переработку гидробионтов и производство на их основе востребованной продукции пищевого, кормового, ветеринарного и медицинского назначения.

7. Биоэнергетика

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: методы эффективной генерации тепловой и электрической энергии из биомассы, энергетической утилизации отходов; получения биотоплив из растительного сырья; исследования методов производства биомассы и ее эффективного использования в качестве сырья для биоэнергетики.

По экспертным оценкам, в ближайшие 15-20 лет может быть создан сектор топливно-энергетического комплекса страны, основанный на переработке биомассы, обеспечивающий население качественными и доступными топливными и энергетическими ресурсами, и позволяющий решить часть проблем экологической, энергетической и продовольственной безопасности. Для этого, в частности, необходимо создание высокоэффективных технологий производства локальной тепловой и электрической энергии из биомассы и отходов ее содержащих, разработка технологий производства и применения биотоплив и получение источников биомассы с улучшенными энергетическими характеристиками (биоэнергетические культуры и плантации, быстрорастущие деревья и растения, микроводоросли и др.).

Эксперты также отмечают, что для реализации вышеуказанных достижений биотехнологий на практике необходимо создание специальной инфраструктуры, которая позволит ускорить внедрение биотехнологий и биопродуктов в экономический оборот, а именно: организация региональных Центров масштабирования и внедрения микробных технологий (пилотные биоперерабатывающие заводы, biorefineries); организация сетевого, распределенного центра координации научно-технической деятельности; создание

единой системы мониторинга развития сферы биотехнологий, сбор и обработка соответствующей статистической информации.

3.3.3 Приоритетное направление «Медицина и здравоохранение»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Поиск, разработка и исследование новых фармакологических мишеней и мишень-направленных биологически активных молекул
2. Молекулярная диагностика для предиктивной и персонализированной медицины
3. Регенеративные и клеточные технологии
4. Протеомные технологии в биологии и медицине
5. Медицинское приборостроение
6. Композитные материалы с функционализированной структурой и поверхностью

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Поиск, разработка и исследование новых фармакологических мишеней и мишень-направленных биологически активных молекул

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: выявление новых фармакологических мишеней и создание их моделей; разработка новых мишень-направленных биоактивных синтетических молекул и систем доставки; разработка новых мишень-направленных биоактивных молекул с использованием методов геной и клеточной инженерии; создание новых высокоэффективных вакцин; создание новых высокоочищенных субстанций на основе веществ природного происхождения; моделирование болезней человека с использованием клеточных линий и экспериментальных животных.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие: рекомбинантные белковые препараты, препараты на основе антител и нуклеиновых кислот, вакцины, гормональные средства, препараты на основе молекул, синтезированных химическим путем и полученных из природных источников.

2. Молекулярная диагностика для предиктивной и персонализированной медицины

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: создание диагностических комплексов для статических (контекстных) макромолекулярных маркеров; создание диагностических комплексов для анализа динамических макромолекулярных маркеров и для анализа низкомолекулярных биологически ак-

тивных веществ; выявление предрасположенности к болезням человека на основе постгеномных технологий.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие: новые методы и системы диагностики, в основе которых лежат прорывные технологии определения структуры и функции биологических молекул, таких как нуклеиновые кислоты, белки, липиды, полисахариды, низкомолекулярные метаболиты.

3. Регенеративные и клеточные технологии

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: разработка продуктов и методов клеточной терапии, использующих аутологичные и аллогенные клетки; инжиниринг тканей и органов; разработка биоактивных средств для направленного восстановления нормальной структуры измененных заболеванием органов и тканей; исследования биоактивных продуктов культивирования клеток.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены продукты на основе регенеративных и клеточных технологий, предназначенные для восстановления нарушенной структуры органов или тканей при сердечнососудистых, онкологических, неврологических болезнях, при нарушении функции внутренних органов, ожоговой болезни, трофических язвах, болезни обмена веществ и травмах, а также создание системы обеспечения биобезопасности продуктов клеточных технологий.

4. Протеомные технологии в биологии и медицине

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: разработка и развитие высокопроизводительных методов анализа РНК (транскриптома), белков (протеома) и низкомолекулярных соединений (метаболома).

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены:

- молекулярные детекторы, обладающие чувствительностью на уровне единичных молекул;
- системы для мониторинга эффективности лечения, для персонифицированной профилактики и диагностики заболеваний;
- новые биологически активные вещества;
- высокопроизводительные методы анализа протеомного профиля биологического материала для оценки рисков возникновения и ранней диагностики социально-значимых заболеваний.

5. Медицинское приборостроение

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: разработка бесконтактных методов диагностики и лечения; разработка приборов для реабилитации, восстановления и поддержания жизнедеятельности организма; создание новых мониторинговых технологий для персональной диагностики состояния человека; разработка робототехнических систем адаптивного протезирования; создание диагностикомов хронических заболеваний на чиповой основе.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- оборудование для бесконтактных методов диагностики, включая скрининг основных социально значимых болезней, и методов лечения, включая малоинвазивную хирургию, созданное с использованием методов визуализации, технологий терагерцового излучения и сверхкоротких лазерных импульсов;
- новые технологии реабилитации, восстановления и поддержания жизнедеятельности организма через управление функциональным состоянием клеток и органов;
- интеллектуальные протезы, позволяющие вести полноценный образ жизни, а также индивидуальные приборы для контроля болезней.

б. Композитные материалы с функционализированной структурой и поверхностью

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: создание нового класса антимикробных материалов; разработка биомеханически-совместимых кардиологических и кишечных имплантатов и стентов нового поколения с многослойными функциональными покрытиями; композитные материалы с функциональной структурой и поверхностью для дентальных и челюстно-лицевых имплантатов; создание материалов нового поколения для ортопедии на основе пористых керамик, повторяющих архитектуру костного матрикса; создание новых материалов и технологий управления структурно-функциональным состоянием стволовых клеток.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены изделия нового поколения из многокомпонентных биосовместимых материалов для кардиологии, ортопедии, травматологии, стоматологии и других областей медицины, включая имплантаты на металлической, керамической и полимерной основе с биоактивными покрытиями для тканевой и костной имплантации, биорезорбируемые матрицы, а также гибридные скаффолды, кишечные и кардиологические стенты, высокоэффективные антисептические

перевязочные материалы и др.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

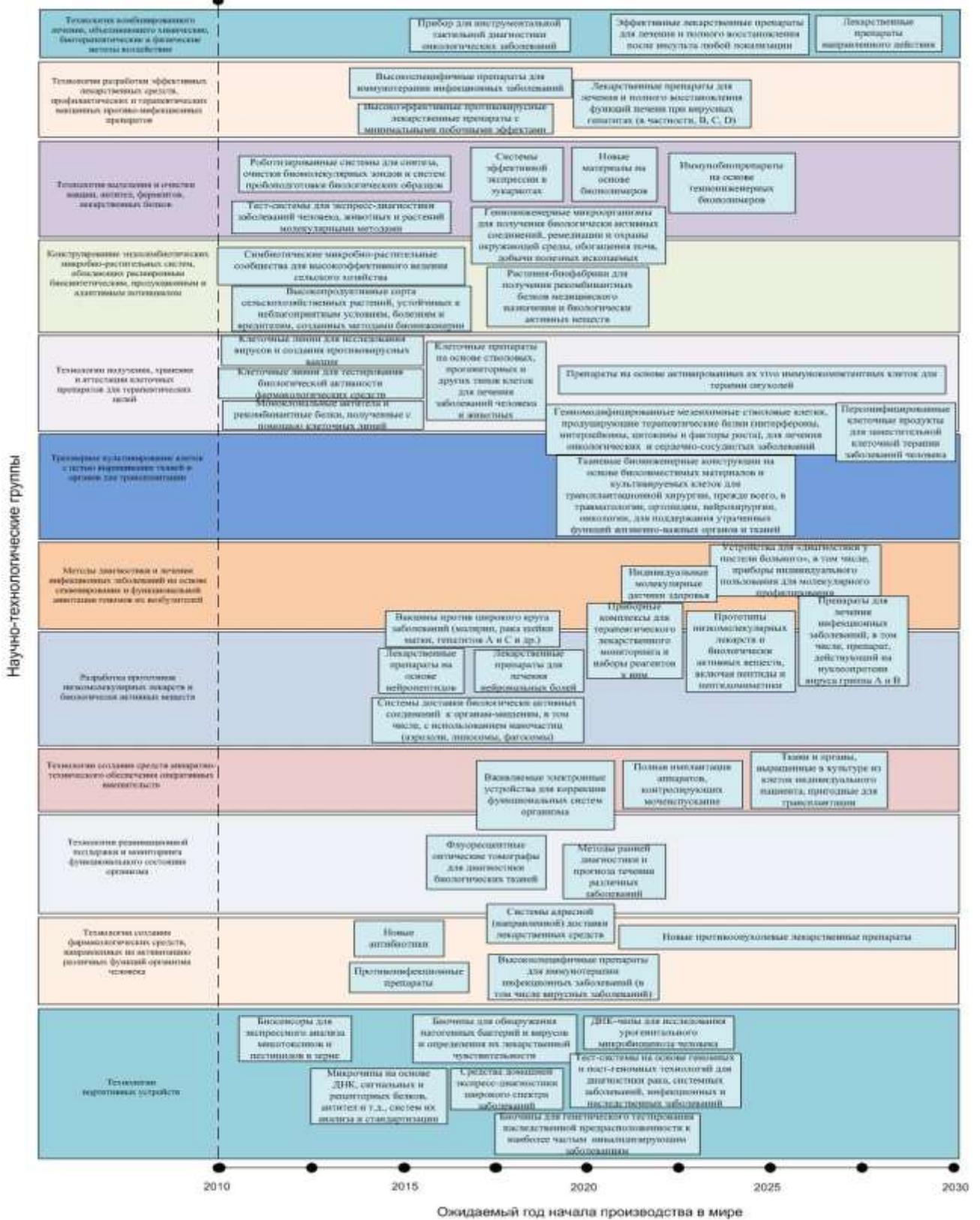


Рисунок 5 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

3.3.4 Приоритетное направление «Новые материалы и нанотехнологии»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Интеллектуальные материалы
2. Гибридные и конвергентные технологии
3. Материалы и нанотехнологии для глубокой комплексной переработки сырья
4. Полимерные композиционные и полиматричные материалы
5. Конструкционные углеродкерамические и металлические композиционные материалы
6. Слоистые градиентные материалы
7. Радиационно-стойкие и жаропрочные материалы
8. Материалы для нанoeлектроники и нанофотоники
9. Молекулярный дизайн
10. Диагностика и контроль

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Интеллектуальные материалы

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относится разработка интеллектуальных материалов, способных адаптироваться к изменяющимся условиям внешних воздействий с целью самосохранения, поддержания возможности исполнять свои функциональные свойства и обеспечения работоспособности всей конструкции.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- разработка интеллектуальных полимерных композиционных материалов на основе полимерных матриц и армирующих наполнителей различной природы с функцией беспроводного мониторинга напряженно-деформированного состояния и адаптации к внешним воздействиям с встроенными сенсорами;
- разработка интеллектуальных полимерных композиционных материалов с изменяемой геометрией, адаптирующихся к внешним воздействиям за счет введения актюаторных элементов;

- разработка интеллектуальных материалов и технологий изготовления самовосстанавливающихся, самоадаптирующихся конструкций бионического и нейронного типов на основе нано-биотехнологий.

2. Гибридные и конвергентные технологии

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: исследование принципов, методов и технологий создания гибридных материалов, структур, устройств и систем, гибридной компонентной базы, гибридной сенсорики; расшифровка структуры неорганических и органических материалов; исследование и моделирование механизмов мыслительной деятельности и поведения человека; разработка материалов и технологий сверхпроводимости, в том числе высокотемпературной, принципиально новых электротехнических систем, систем электродвижения и передачи энергии.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- принципы, методы и технологии создания гибридной сенсорики, синтетических биологических и биоподобных структур, устройств и систем;
- нейро-биоинтерфейсы, биоподобные и антропоморфные технические устройства и системы;
- новые ядерно-физические методы и технологии в медицине;
- технологии и программные средства предсказательного моделирования для нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий.

3. Материалы и нанотехнологии для глубокой, комплексной переработки сырья

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся синтез новых высокоэффективных наноразмерных, наноструктурированных, наноконпонентных катализаторов и разработка технологий для глубокой переработки нефти, альтернативного и возобновляемого сырья — природного газа и попутных газов нефтедобычи, угля, сланцев, биогаза, биомассы — в жидкое топливо, водород и ценные органические продукты.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- наноструктурированные и наноразмерные катализаторы нового поколения для нефтехимических процессов (риформинг, каталитический крекинг, изомеризация, ал-

- килирование, гидроконверсия тяжелых остатков и др.), включая переработку тяжелых нефтяных остатков и тяжелой высоковязкой нефти;
- создание новых каталитических процессов конверсии природного газа и попутных газов нефтедобычи в жидкое топливо, водород и ценные органические продукты;
 - термокаталитические и биокаталитические методы переработки возобновляемого сырья (биогаз и биомасса) в газообразное и жидкое топливо, ценные органические продукты;
 - разработка мембран реакторов и процессов мембранного катализа, мембран и мембранных систем для процессов разделения и очистки, первапорации, пертракции, микро-, ультра- и нанофльтрации, синтеза гибридных мембран для водородной энергетики и других применений.

4. Полимерные композиционные и полиматричные материалы

К некоторым ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования полимерных и полиматричных композиционных и функциональных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками (прочность, термостойкость, стойкость к ударным и климатическим воздействиям) конструкционного и специального назначения, армированных и упрочненных различного рода волокнистыми, дискретными и нано-наполнителями.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- синтез нового поколения связующих для полимерных и композиционных материалов конструкционного и функционального назначения: термостойких, высокодеформативных, с повышенной стойкостью к ударным нагрузкам, обладающих функциями самозалечивания, механохромными свойствами и модифицированных наночастицами, ;
- высокопрочные и высокомодульные конструкционные полимерные композиционные материалы с высоким сопротивлением к статическим, повторно-статическим и динамическим нагрузкам;
- многофункциональные теплозащитные и теплоизоляционные материалы, включая материалы на основе возобновляемых источников (растительного сырья).

5. Конструкционные углеродкерамические и металлические композиционные материалы

К некоторым ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся разработки на основе специальных видов углеводородного сырья

высокоплотных и высокопрочных углеродных и углеродкерамических материалов со специальными свойствами, с улучшенными эксплуатационными характеристиками (жаропрочность, твердость, коррозионная и радиационная стойкость), многомерноармированных углерод-углеродных композиционных материалов на основе наноструктурированной матрицы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- синтез нового поколения термостойких углеродных и углеродкерамических конструкционных и функциональных материалов с тонко- и ультратонкозернистыми наполнителями, и связующих из углеводородного сырья, модифицированных наночастицами мезофазного углерода;
- высокопрочные антифрикционные материалы, специального назначения;
- новое поколение углерод-карбидкремниевых высокотвердых, эрозионно- и коррозионностойких материалов с высокой прочностью, жаропрочностью, химической и радиационной стойкостью, а также стойкостью к многократным тепловым ударам.

б. Слоистые градиентные материалы

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся разработки градиентных биметаллических и пеноматериалов, слоистых металлополимерных материалов, армированных гибридными, гетероволоконистыми и аморфными наполнителями с улучшенными эксплуатационными характеристиками различного назначения, многофункциональных антикоррозионных, упрочняющих, износостойких и теплозащитных покрытий для защиты материалов в различных условиях эксплуатации.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- биметаллические материалы на основе алюминия, титана и бериллия различного назначения с высокими теплостойкостью, трещиностойкостью, удельной прочностью и модулем упругости;
- слоистые алюмокомпозиты на основе особопрочных алюминиевых сплавов, высокомодульных металлополимерных материалов, армированных гибридными и гетероволоконистыми наполнителями, жаростойких металлических композиционных материалов металл-интерметаллид и металл-керамика;

- сверхлегкие теплостойкие пеноматериалы на основе металлических и композиционных материалов с высокой ударостойкостью.

7. Радиационно-стойкие и жаропрочные материалы

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся разработки высокопрочных, сверхлегких, ультратвердых, коррозионностойких, интерметаллидных, наноструктурированных и супержаропрочных материалов, композитов и естественных композитов на их основе с уникальным комплексом свойств, технологий их изготовления и переработки, защитных и теплозащитных покрытий, в том числе для экстремальных условий эксплуатации.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- легкие высокотемпературные, высокопрочные интерметаллидные материалы, композиционные сверхлегкие и жаропрочные материалы на интерметаллидной матрице, упрочненной тугоплавкими оксидами и волокнами;
- новый класс высокотемпературных уплотнительных, износостойких и пористо-волоконистых материалов;
- новые радиационно-стойкие коррозионно-стойкие материалы для корпусов реакторов повышенной мощности со сроком службы не менее 60 лет.

8. Материалы для нанoeлектроники и нанофотоники

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования в области разработки новых магнитных наноматериалов и наноструктур на их основе, которые будут использованы для создания новой элементной базы приборов и устройств наноспинтроники; создания изделий наноэлектроники с использованием наноструктур, в том числе углеродных, на основе эффектов самоорганизации; создания изделий нанофотоники, обеспечивающих разработку и производство компактных, энергоэффективных и функционально пригодных спектрально-позиционированных источников излучения и фотонно-информационных устройств.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- новые металлические, полупроводниковые и органические магнитные материалы и структуры на их основе для наноэлектроники;
- технологии изготовления и создания интегральных схем с объектами нанометровых размеров для элементной базы наноэлектроники;

- углеродные наноструктуры и устройства наноэлектроники на их основе;
- наноструктурированные оптические волокна;
- метаматериалы для оптоэлектроники, сенсорной техники, магнитной томографии, микроскопии сверхвысокого разрешения.

9. Молекулярный дизайн

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования в области разработки с применением методов компьютерного моделирования новых способов синтеза мономеров, олигомеров и полимеров, которые будут использованы для создания новых материалов; создания новых комплексных систем с использованием синтезированных соединений и наноструктур на основе эффектов самоорганизации (в том числе с использованием углеродных наноструктур), обеспечивающих разработку и производство гибридных, андронидных, интеллектуальных материалов для «умных» конструкций, в т. ч. бионического и нейронного типов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- гибридные, андронидные, интеллектуальные материалы, в т. ч. бионического и нейронного типов, применимые в «умных» конструкциях нового поколения, обеспечивающих получение синергетического эффекта при использовании функций самодиагностики, самоадаптации, самозалечивания и самовосстановления и т. п.;
- экологически чистые мономеры, олигомеры и полимеры, обладающие заданными свойствами.

10. Диагностика и контроль

К некоторым ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования в области разработки перспективных диагностических систем, основанных на новых принципах взаимодействия физических полей, и создание конкурентоспособных технологий, обеспечивающих высокую информативность и достоверность результатов, полученных в ходе исследования внутренней структуры объектов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- новые способы диагностирования внутренней структуры материалов, основанные на взаимодействии различных физических полей;

- новые информационные параметры, характеризующие качество диагностируемого объекта.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

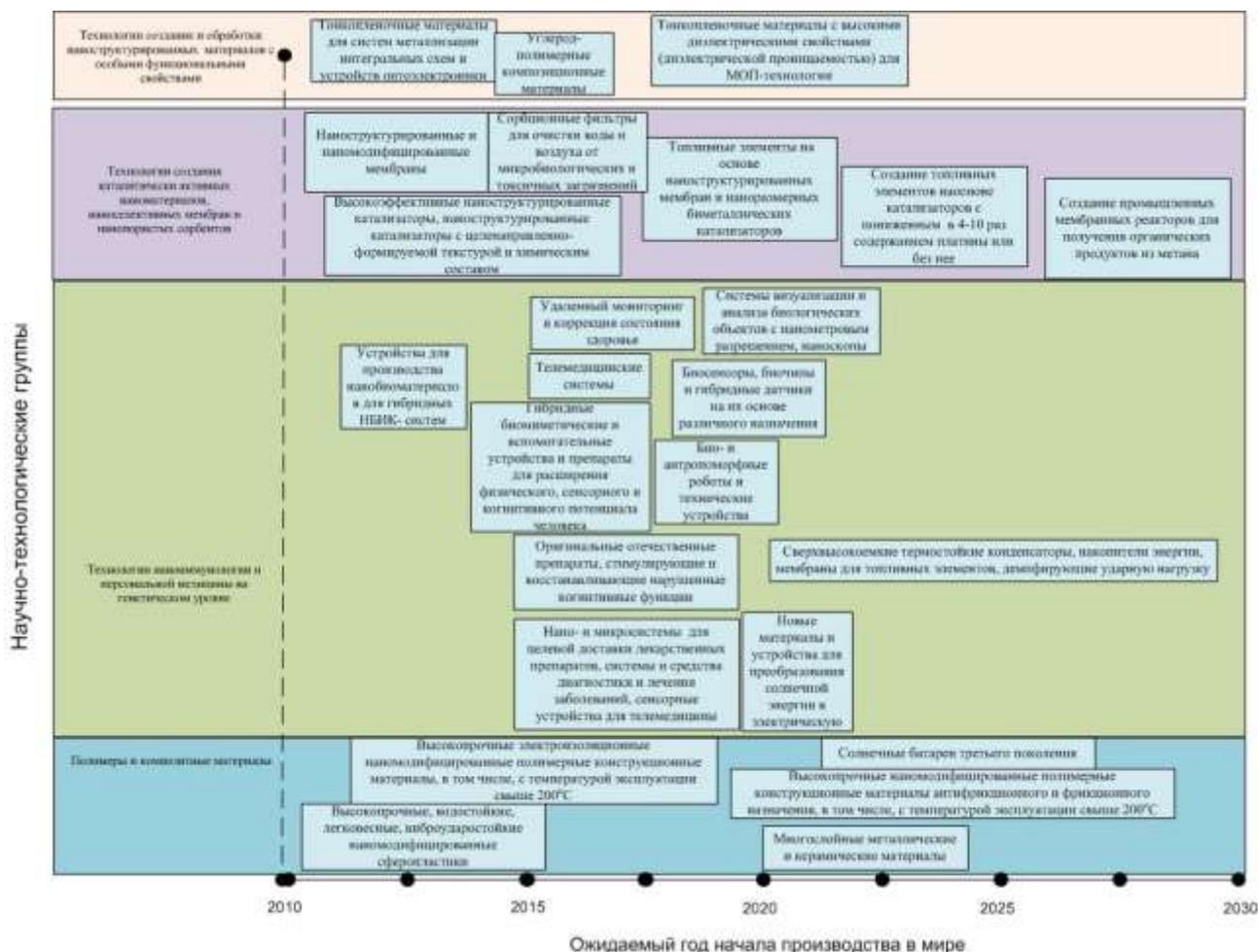


Рисунок 6 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

3.3.5 Приоритетное направление «Транспортные и космические системы»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Развитие единого транспортного пространства на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях
2. Интеллектуальные транспортные системы
3. Обеспечение доступности и повышение качества транспортных услуг
4. Повышение безопасности и экологичности транспортной системы
5. Высокоскоростные и перспективные транспортные системы
6. Космические системы
7. Авиационные и суборбитальные системы

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Развитие единого транспортного пространства на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях

К ключевым направлениям исследований данной тематической области относятся исследования: моделей транспортно-экономического баланса Российской Федерации и системы его ведения, моделей транспортных потоков на основе транспортно-экономического баланса, организационно-экономических моделей Единой интегрированной системы управления развитием транспортного комплекса и исследования в области новых технологий строительства, реконструкции и содержания объектов транспортной инфраструктуры.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, могут быть выделены следующие:

- модель и система ведения транспортно-экономического баланса Российской Федерации;
- система математических и имитационных моделей транспортной системы и аналитическая система оценки вариантов развития транспортной инфраструктуры на основе транспортно-экономического баланса и транспортного моделирования;
- организационно-экономическая модель Единой интегрированной системы управления развитием транспортного комплекса с учетом создания единого транспортного пространства на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях;
- пакет эффективных технологий и материалов для применения в строительстве, реконструкции и содержании объектов транспортной инфраструктуры.

2. Интеллектуальные транспортные системы

К ключевым направлениям исследований данной тематической области относятся исследования моделей, методов и систем ситуационного управления транспортными потоками и транспортными средствами, методов и средств управления спросом на движение, инновационной интеллектуальной транспортной системы, основанной на применении летательных аппаратов индивидуального пользования пассажирского назначения, а также беспилотных летательных аппаратов для мелкопартионных перевозок грузов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, могут быть выделены следующие:

- модели, методы и системы ситуационного управления транспортными потоками

ми и транспортными средствами;

- методы управления спросом на движение при помощи интеллектуальных транспортных систем (ИТС);
- проекты систем управления транспортными потоками, обеспечивающих повышение эффективности использования транспортных коммуникаций в городских агломерациях, а также на основных направлениях грузоперевозок и пассажирских перевозок на региональном и межрегиональном уровнях;
- инновационная интеллектуальная транспортная система на основе пассажирских летальных аппаратов индивидуального пользования и беспилотных летательных аппаратов для мелкопартионных грузоперевозок.

3. Обеспечение доступности и повышение качества транспортных услуг

К ключевым направлениям исследований данной тематической области относятся исследования: моделей для расчетов и обоснования минимальных социальных транспортных стандартов, технологий обеспечения доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг по критериям качества в области грузовых перевозок, технологий повышения доступности и качества транспортных услуг в области пассажирских перевозок.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, могут быть выделены следующие:

- технологии обеспечения доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг по критериям качества для грузовладельцев;
- система управления качеством транспортных услуг в области грузоперевозок;
- технологии повышения доступности и качества транспортных услуг в области пассажирских перевозок;
- система управления качеством транспортных услуг в области пассажирских перевозок.

4. Повышение безопасности и экологичности транспортной системы

К ключевым направлениям исследований данной тематической области относятся исследования систем технической и технологической безопасности транспортной системы и систем мониторинга, анализа и обеспечения снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, могут быть выделены системы мониторинга технической и технологической безопасности транспортной системы и анализа вредного воздействия транспорта на окружающую среду.

5. Высокоскоростные и перспективные транспортные системы

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: высокоскоростные транспортные системы; автомобильные транспортные системы на альтернативном топливе; новые материалы для транспортной инфраструктуры и транспортных средств; водные транспортные системы; авиационные транспортные системы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-25 лет, могут быть выделены:

- новые типы источников питания и аккумуляции энергии;
- базовые технологии для создания новых высокоэкономичных двигателей транспортных средств с повышенными экологическими показателями.

6. Космические системы

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: ракетные и космические двигатели нового поколения и энергетические установки, в том числе с ядерными источниками энергии; наземная космическая инфраструктура; технологии комплексного создания базовых элементов ракет-носителей и космических аппаратов на основе композиционных материалов; технологии создания космических систем на базе малоразмерных космических аппаратов; исследование принципиально новых технологий создания ракет-носителей и разгонных блоков; исследование принципов построения орбитальных пилотируемых и беспилотных комплексов; космические информационные системы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-25 лет, могут быть выделены:

- ракетные двигатели и энергоустановки нового поколения;
- принципы создания долговременных орбитальных станций многомодульного построения, предназначенных для работы в условиях космического пространства более 10 лет;
- космические системы на базе малоразмерных космических аппаратов (микро-, нано- и пико-спутники) и технологии их запуска и поддержания на целевых орбитах;
- крупногабаритные космические конструкции для использования в радиотехнических, энергетических и других направлениях космической деятельности.

7. Авиационные и суборбитальные системы

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся: исследование принципов применения новых технических решений в традици-

онных конструктивных схемах; использование нетрадиционных компоновочных схем авиационных и суборбитальных летательных аппаратов; двигатели летательных аппаратов; новые материалы для летательных аппаратов; системы управления воздушным движением; прецизионные авиационные приборы и системы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-25 лет, могут быть выделены:

- авиационные двигатели с радикальным понижением уровня шума и эмиссии вредных веществ;
- принципы управления воздушным движением, значительно повышающие безопасность полетов;
- принципиально новый комплекс бортовой аппаратуры, значительно повышающий безопасность летательных аппаратов, в том числе для построения беспилотных летательных аппаратов;
- суборбитальные системы, в том числе для запуска малоразмерных космических аппаратов.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

Научно-технологические группы

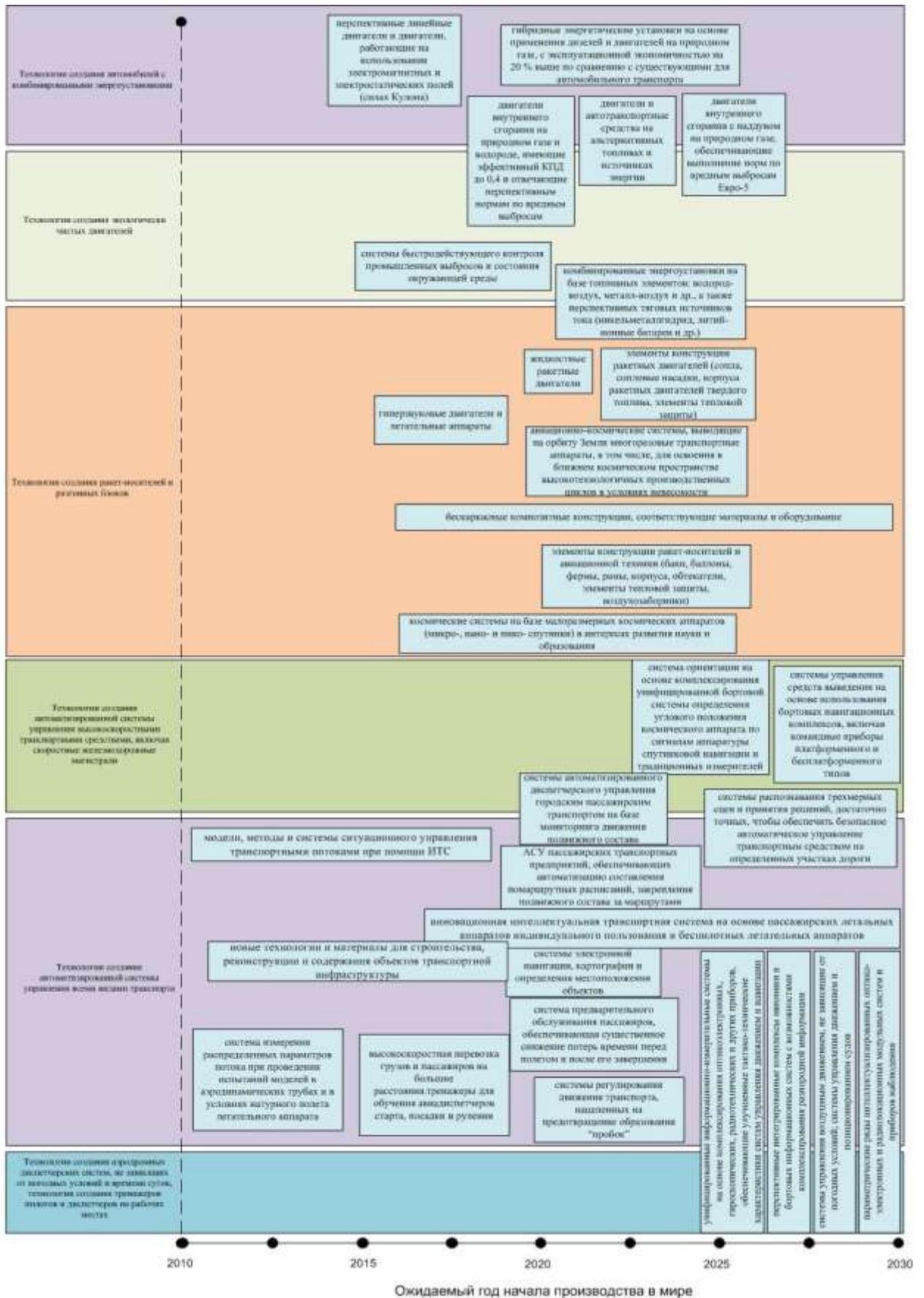


Рисунок 7 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

3.3.6 Приоритетное направление «Рациональное природопользование»

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Обеспечение благоприятной окружающей среды и экологического благополучия населения Российской Федерации
2. Эффективное и рациональное воспроизводство минерально-сырьевой базы Российской Федерации
3. Современные технологии и системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и негативных последствий изменения климата, включая инновационные средства инструментального контроля загрязнения
4. Обеспечение экологической безопасности и новые экологические стандарты жизни человека
5. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Обеспечение благоприятной окружающей среды и экологического благополучия населения Российской Федерации

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования в области радикального снижения уровня негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросы в водные объекты, образование, утилизация, размещение отходов производства и потребления) на природную среду и здоровье населения, в частности, в области: экологически безопасного обращения с отходами, включая решение накопленных ранее экологических проблем, создания экономически эффективных и экологически безопасных технологий обезвреживания токсичных веществ в газовых средах, уничтожения и/или утилизации токсичных отходов, экономически эффективных и экологически безопасных технологий рекультивации, санации и восстановления земель.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 15-25 лет, могут быть выделены: экологически эффективные (чистые) технологии, снижающие и/или исключаящие использование и образование в производственных процессах опасных веществ, технологии водоочистки и газоочистки, новые ресурсосберегающие экологически чистые вещества и материа-

лы, покрытия различного назначения, новые типы изоляционных материалов для защиты поверхностных и грунтовых вод от техногенных и антропогенных воздействий

2. Эффективное и рациональное воспроизводство минерально-сырьевой базы Российской Федерации

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: проблемно-ориентированные и прикладные исследования в области изучения недр и геологоразведки, в том числе в новых районах добычи, разработки геофизических методов разведки нефти и газа в нетрадиционных геологических условиях; исследования в области эффективного использования минеральных ресурсов.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, можно выделить технологии, обеспечивающие увеличение коэффициента извлечения нефти, методы увеличения нефтеотдачи, утилизации попутного нефтяного газа, физико-технические и физико-химические технологии переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана.

3. Современные технологии и системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и негативных последствий изменения климата, включая инновационные средства инструментального контроля загрязнения

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования: мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, изменения климата, которые обеспечат внедрение после 2020 года современных технологий, позволяющих значительно снизить уровень негативного воздействия на экономику и население.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, можно выделить следующие: экологический мониторинг и система прогнозирования состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях, береговых зон, акваторий и подземных вод; новые методы и технологии инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосферу, водные объекты, загрязнения почвы; технологии получения, передачи и использования информации о состоянии окружающей среды, ее изменений; технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения безопасности производственных и энергетических объектов, предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду.

4. Обеспечение экологической безопасности и новые экологические стандарты жизни человека

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования в области создания технологий, обеспечивающих снижение негативного воздействия на природную среду и среду обитания человека, в том числе, направленных на ограничение образования и использования токсичных веществ во всех сферах производства, строительства, транспорта, сельского хозяйства и потребления.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, можно выделить следующие: экологически безопасные ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие соблюдение требований качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий и акваторий; технологии мониторинга и прогнозирования негативного воздействия климатических изменений, токсических веществ техногенного и природного происхождения и их совокупности на состояние здоровья населения;

5. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся: исследования в области экологически безопасной морской разведки и добычи различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-20 лет, можно выделить следующие: технологии сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом; технологии обеспечения комплексной безопасности работ на континентальном шельфе Российской Федерации, в Арктике и Антарктике; технологии экологического мониторинга; методы оценки ресурсов и прогнозирования состояния природной среды Арктической зоны Российской Федерации; методы и технологии разработки и создания специальных конструкционных материалов и оборудования для работы в экстремальных природно-климатических условиях.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

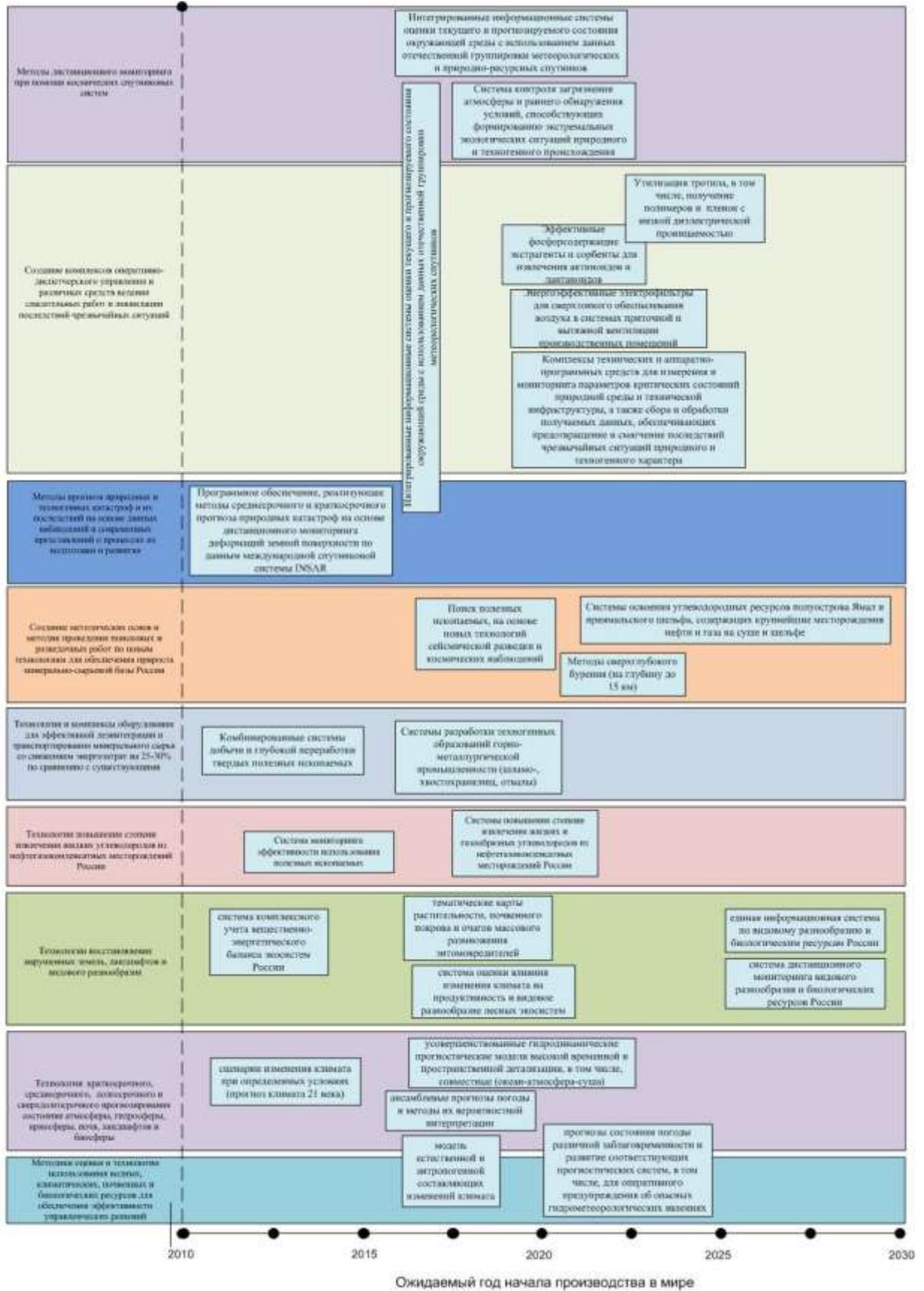


Рисунок 8 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

3.3.7 *Приоритетное направление «Энергетика и энергоэффективность»*

В рамках данного приоритетного направления выделены следующие тематические области:

1. Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности
2. Безопасная атомная энергетика, в том числе с замкнутым ядерным топливным циклом
3. Возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика
4. Интеллектуальные энергетические системы
5. Комплексная переработка углеводородных ресурсов
6. Эффективное потребление энергии
7. Системный анализ и безопасность энергетики
8. Новые принципы, процессы и материалы в энергетике
9. Энергетические технологии двойного назначения

Далее указанные тематические области представлены более детально.

1. Экологически чистая тепловая энергетика высокой эффективности

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования, обеспечивающие разработку научно-технических и научно-технологических решений, которые станут основой создания в Российской Федерации высокоэффективной тепловой энергетика нового поколения, характеризующейся высокими значениями коэффициентов полезного действия, использованием различных видов топлива в оптимальных комбинациях с минимизацией ущерба для окружающей среды.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продукто-вых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: высокотемпературные газовые турбины нового поколения большой мощности и высокой эффективности на природном газе; экологически чистые паротурбинные установки нового поколения большой мощности и высокой эффективности на угле; парогазовые установки большой мощности на природном газе и угле; высокоэффективные гибридные энергоустановки на основе топливных элементов.

2. Безопасная атомная энергетика, в том числе с замкнутым ядерным топливным циклом

К ключевым направлениям заделных исследований данной тематической области относятся исследования, направленные на качественное повышение надежности и безопасности ядерных установок энергетического назначения, а также повышение энергетиче-

ской и экономической эффективности атомных электростанций, в частности, за счет совершенствования режимов их эксплуатации и утилизации сбросного тепла.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: технологии быстрых ядерных реакторов повышенной безопасности; высокотемпературные ядерные реакторы и сопутствующая инфраструктура их применения; безопасные и экономически эффективные ядерные реакторы малой и средней мощности; новые технологии замыкания ядерного топливного цикла.

3. Возобновляемые источники энергии, гидроэнергетика

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования, обеспечивающие создание в стране новой отрасли энергетики, базирующейся на использовании возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, в том числе, исследования, направленные на создание новых типов солнечных воздухо- и водонагревательных установок, разработку инновационных ветродвигателей и систем управления ими, процессов передачи тепла глубинных пород Земли средам, используемым в качестве теплоносителей и др.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: высокоэффективные преобразователи солнечной энергии в электрическую и тепловую; инновационные технологии преобразования энергии ветра в электроэнергию; геотермальные электростанции нового поколения; эффективные технологии комплексного использования биомассы и твердых бытовых отходов; перспективные тепловые насосы для эффективного применения в условиях России; гибридные установки с интегрированием различных ВИЭ и комбинированным производством электроэнергии, тепла и холода.

4. Интеллектуальные энергетические системы

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования, обеспечивающие коренное повышение управляемости, надежности и эффективности функционирования основных энергетических систем: электроэнергетических, газотранспортных, централизованного теплоснабжения.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: интеллектуальные технологии и средства мониторинга, диагностики и автоматического управления оборудованием и режимами работы сложных энергетических систем; технологии и оборудование для высокоэффективной передачи электроэнергии на дальние расстояния; технологии и оборудование для передачи электроэнергии на основе высокотем-

пературной сверхпроводимости; технологии крупномасштабного аккумулирования электрической энергии; технологии аккумулирования тепловой энергии; перспективные технологии эффективной транспортировки углеводородов.

5. Комплексная переработка углеводородных ресурсов

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования новых высокоэффективных технологий глубокой переработки добываемых органических топлив, включая высокоэффективные катализаторы.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: новые технологии глубокой переработки нефти и газового конденсата, включая создание новых катализаторов; эффективные технологии использования нефтяного попутного газа; новые технологии глубокой переработки природного газа с производством жидких моторных топлив и широкого спектра химической продукции.

6. Эффективное потребление энергии

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования в области методов, технических средств, решений с целью существенного снижения потерь различных видов энергии у конечных потребителей, создание основ и принципов различных технологий, приборов и устройств, в том числе электрических машин, электроприводов, осветительных приборов бытового и промышленного назначения, минимизации вредного воздействия потребителей на окружающую среду, в том числе электромагнитного.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: инженерные системы для энергоэффективных жилых, общественных и производственных зданий; новые источники света и интеллектуальные системы освещения; интеллектуальные системы управления энергопотреблением зданий и технологических процессов.

7. Системный анализ и безопасность энергетики

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования в области научных основ, математических методов и вычислительных средств системного анализа перспективных энергетических технологий с учетом мультипликативных эффектов в экономике и социальной сфере; разработка новых принципов, процедур, алгоритмов и средств оптимального управления развитием и функционированием больших систем энергетики; разработка новых принципов, процедур, алгоритмов и средств обеспечения необходимой надёжности и безопасности больших систем

энергетики; разработка инструментария для анализа и долгосрочного прогнозирования развития мировой энергетики и мировых энергетических рынков.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: новые методы, математические модели и вычислительные средства для выполнения системного анализа перспективных энергетических технологий, оптимального управления развитием и функционированием больших систем энергетики, обеспечения необходимой надежности и безопасности их функционирования, новые методы и модели анализа базовых физико-химических процессов, лежащих в основе перспективных энергетических технологий, с целью прогнозирования ключевых физико-технических и технико-экономических характеристик этих технологий.

8. Новые принципы, процессы и материалы в энергетике

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования в области новых процессов, технологий и классов материалов для производства новых энергоустановок и устройств, как для генерации электроэнергии, так и для её транспортировки, позволяющие к 2020 осуществить создание энергетических систем нового поколения.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: новые методы численного термодинамического и кинетического моделирования процессов превращения вещества и энергии; новые интеллектуальные приборы в энергетике; высокоэкономичные устройства автономной энергетики на основе интегрирования традиционных и возобновляемых источников энергии; новые типы взрывобезопасного, пожароустойчивого и экологически чистого оборудования в энергетике.

9. Энергетические технологии двойного назначения

К ключевым направлениям задельных исследований данной тематической области относятся исследования, обеспечивающие научно-техническую базу для обеспечения энергетической независимости, действий в условиях чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф на основе приборов и оборудования энергетического комплекса, создание автономных и централизованных энергетических устройств для генерации и транспортировки непрерывной и импульсной электроэнергии

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и продуктовых технологий, которые появятся в ближайшие 10-25 лет, можно выделить следующие: энергетические системы индивидуального и автономного энергообеспечения; стационарные и мобильные системы накопления и хранения энергии высокой емкости и мощности и

повышенной надежности для использования в условиях чрезвычайных ситуаций; система прогнозирования и анализа последствий природных и техногенных катастроф в энергетике.

Ниже приведены иллюстрационные примеры возможных ключевых научно-технологических групп и более детально – конкретных групп инновационных продуктов, которые могут быть разработаны в период до 2030 года.

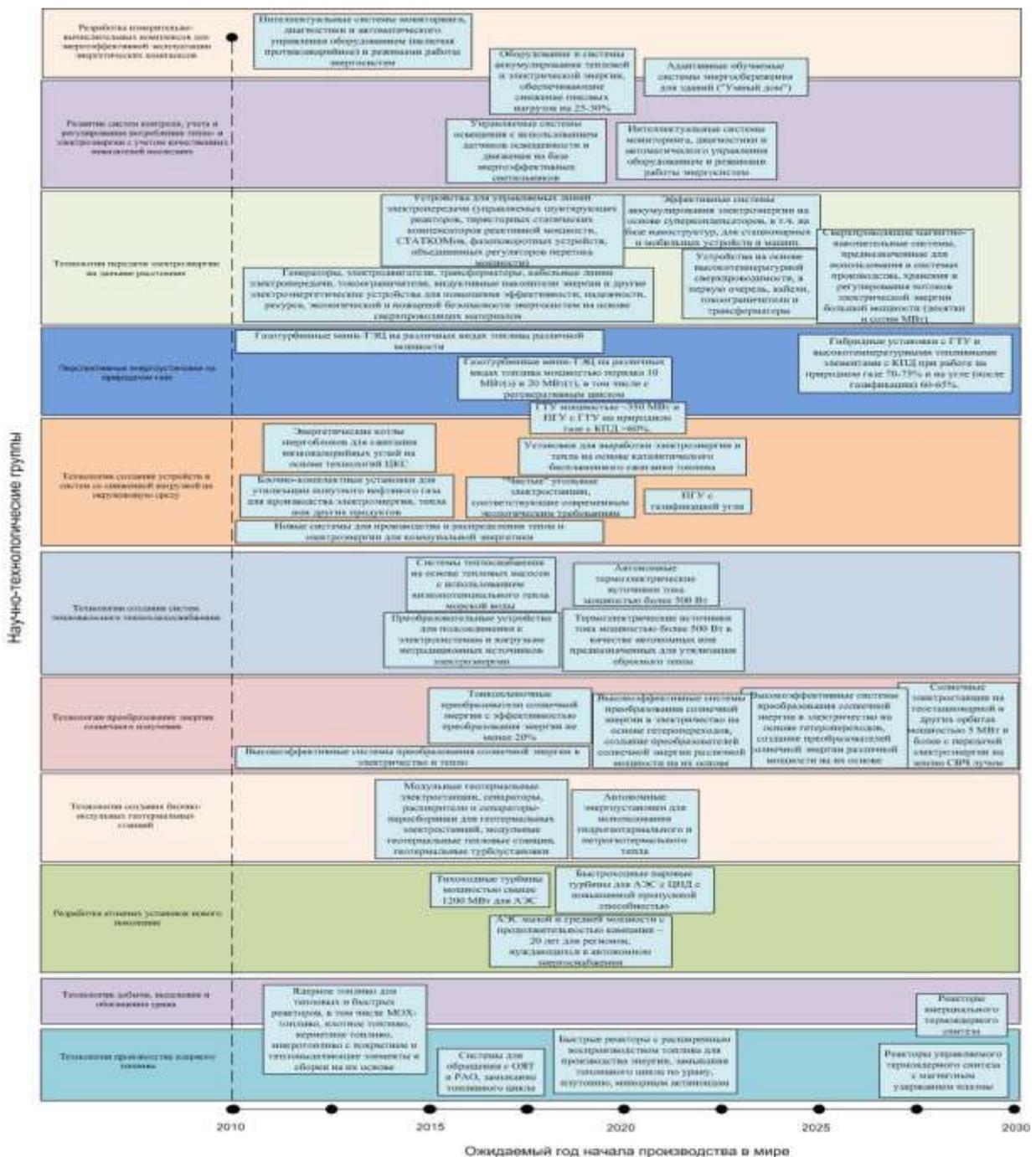


Рисунок 9 - Примеры научно-технологических групп и инновационных продуктов, которые могут быть созданы на их основе в период до 2030 года

4. Ключевые бенефициары

Результаты проекта могут быть использованы:

Правительством России, Минэкономразвития России, Минпромторгом России при формировании согласованной долгосрочной социально-экономической и научно-технологической политики.

Минобрнауки России для корректировки «Стратегии развития науки и инноваций», формирования системы национальных приоритетов научно-технологического развития и программ их реализации, включая образовательные, и тематики перспективных исследований.

Минпромторгом России для формирования отраслевых стратегий, в части определения направлений технологической модернизации соответствующих отраслей.

РАН для корректировки «Плана фундаментальных исследований».

Минрегионом России для разработки и корректировки стратегий крупных территориальных образований (ДФО, Калининград, Юг России).

Государственными корпорациями научно-технологического профиля, имеющими длительный горизонт планирования (ОАК, Ростехнология, Росатом), другими крупными российскими компаниями, работающими в сфере науки и высоких технологий, для формирования долгосрочных стратегий технологического развития.

Институтами развития, ориентированными на поддержку инноваций (Банк развития и внешнеэкономической деятельности, ОАО «Российская венчурная компания», Российская корпорация нанотехнологий) для формирования долгосрочных планов.

Органами региональной власти для разработки региональных стратегий и территориальных схем развития.

Научным сообществом для определения востребованных направлений научных исследований, а также для продвижения имеющихся технологий и технологических решений через создаваемые в проекте коммуникационные площадки.

Бизнес-сообществом для формирования стратегий развития предприятий и инвестиционных проектов, связанных с технологической модернизацией.

5. Эксперты – участники проекта

В работе по проекту принимали участие свыше 100 экспертов, представляющих ведущие российские научные центры и инновационные компании, в т. ч.:

- Институт программных систем РАН
- ОАО «Российская венчурная компания»
- Компания Parallels
- ИТМО
- РНЦ «Курчатовский институт»
- НИИЯФ МГУ
- ФГУП НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха
- НИИ многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ
- IBS Group Holding
- Компания Intel
- Московский физико-технический институт
- ИПИ РАН
- НИВЦ МГУ
- Институт математического моделирования РАН
- ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ
- Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН
- Кластер биомедицинских технологий Сколково
- Группа компаний «ХимРар»
- Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
- Группа «Биопроцесс»
- ЗАО «Евроген»
- Институт молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта
- «БИОКАД»
- Институт биохимии им. Баха
- Центр биоинженерии РАН
- НИИ биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича РАМН
- Кластер биомедицинских технологий Сколково
- Институт физиологически активных веществ
- НПО «ДНК-технология»
- Пушинский государственный университет

- Институт хирургии им. А.В.Вишневского
- Сибирский государственный медицинский университет
- Центр биоинженерии РАН
- Институт биологии развития РАН
- МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Центр фотохимии РАН
- ФГУП «ВИАМ»
- Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита
- МИСиС
- Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С.Ениколопова РАН
- НИЯУ МИФИ
- Научный центр лазерных материалов и технологий Института общей физики РАН
- МГТУ «Станкин»
- Институт органического синтеза УРО РАН
- ЦАГИ им. К.Э.Циолковского
- НИИ транспорта и дорожного хозяйства
- Кластер космических технологий и телекоммуникаций Сколково
- ОАО «МАЦ»
- Объединенная авиастроительная корпорация
- Исследовательский центр им. М. В. Келдыша
- Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)
- РКК «Энергия»
- ФГУП «ЦНИИ имени академика А.Н.Крылова»
- ОАО «Институт экономики и развития транспорта»
- Военно-морская академия имени адмирала флота Кузнецова
- Международный инженерный университет
- РНИИКП
- Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
- НПК ОАО «Механобртехника»
- Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ
- Институт водных проблем РАН
- Российский государственный гидрометеорологический университет

- МГУ им. М.В.Ломоносова
- Институт геологии нефти и газа Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН
- Институт геологии и геохимии им. Заварицкого УРО РАН
- Институт физики Земли РАН
- НИУ РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина
- Институт проблем комплексного освоения недр РАН
- Институт проблем комплексного освоения недр
- ИБРАЭ РАН
- ЭНИН им. Кржижановского
- Кластер энергоэффективных технологий Фонда «Сколково»
- Российское энергетическое агентство
- Всероссийский теплотехнический институт
- Всероссийский электротехнический институт
- ФГУ Российский научный центр «Курчатовский институт»
- Институт энергетических исследований РАН
- Объединённый институт высоких температур РАН

6. Библиография

1. Мир после кризиса. Глобальные тенденции – 2025: меняющийся мир. М., 2009.
2. The Bioeconomy to 2030: A policy agenda. OECD, 2009.
3. The 9-th Science and Technology Foresight Survey. Tokyo, 2011.
4. OECD, Main Science and Technology Indicators, Database, December, 2009.
5. Main Science and Technology Indicators. OECD, 2008/2.
6. OECD Environmental Outlook to 2030, 2008.
7. Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050. OECD/IEA, 2008.
8. Jerome C. Glenn, Theodore J. Gordon, and Elizabeth Florescu. State of the Future, 2011.
9. Global Futures Forecast 2011, Institute for Global Futures, 2011.
10. Europe 2020 strategy, 2011.
11. Top 50 Technologies and Innovations that are reshaping the World, 2011.
12. Five years of an enlarged EU Economic achievements and challenges, Affairs, 2009.
13. James Canton. The Extreme Future: The Top Trends That Will Reshape the World in the Next 20 Years, Plume, 2007.
14. Trends: Innovation Communication, Z-punkt, 2009.
15. Perspectives on Global Development 2012, OECD.
16. OECD Information Technology Outlook 2010.
17. OECD Science, Technology and Industry Outlook 2010.
18. Space 2030. Exploring the future of space applications, OECD, 2004.
19. Space 2030. Tackling Society's challenges, OECD, 2005.