



Министерство образования и науки  
Российской Федерации



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Институт статистических исследований  
и экономики знаний

# Прогноз научно-технологического развития России: **2030**



## Информационно- коммуникационные технологии

Москва 2014

УДК 338.27:004  
ББК 65.39в6  
П78

**Авторы:**

Г.И. Абдрахманова, В.В. Буров, А.В. Гиглавый, А.Ю. Гребенюк, О.В. Ена,  
В.Р. Месропян, А.В. Соколов, А.А. Чулок

*Авторский коллектив выражает искреннюю благодарность  
за значительный вклад в экспертизу представленных в докладе материалов:*

С.М. Абрамову, В.Н. Васильеву, Б.М. Величковскому, В.Е. Велихову, В.Н. Захарову, Ю.Л. Ижванову,  
В.А. Ильину, И.А. Каляеву, А.М. Карачинскому, С.В. Мальцевой, А.А. Солдатову, И.А. Соколову,  
Б.Н. Четверушкину, Р.М. Шагалиеву, А.Г. Шалковскому.

**Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Информационно-коммуникационные технологии** / под. ред. Л.М. Гохберга, И.Р. Агамирзяна. – Москва : Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 52 с.

ISBN 978-5-906737-04-5

Работа выполнена Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации.

Цель долгосрочного Прогноза научно-технологического развития на период до 2030 года – определение наиболее перспективных для России областей развития науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ страны. Итоговые рекомендации прошли широкое обсуждение с привлечением значительного числа российских и зарубежных экспертов, которые принимали участие в определении и оценке глобальных вызовов и окон возможностей, инновационных рынков, радикальных продуктов и технологий, выборе приоритетных областей научных исследований и их верификации.

В рамках разработки прогноза сформирована сеть отраслевых центров научно-технологического прогнозирования, включающая ведущие научные организации, вузы и инновационные компании из 40 регионов России.

Выполненная работа была сфокусирована на семи приоритетных направлениях развития науки и технологий. В данной публикации представлены подробные результаты прогноза по приоритетному направлению «Информационно-коммуникационные технологии».

В докладе использованы материалы следующих организаций:

- Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;
- отраслевого центра научно-технологического прогнозирования на базе Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО);
- технологических платформ («Национальная программная платформа», «Национальная суперкомпьютерная технологическая платформа» и др.).

Приведенные в докладе материалы представляют практический интерес для органов государственного управления, компаний, научных организаций, вузов, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров и других заинтересованных организаций.

*Издание подготовлено при поддержке Программы «Фонд развития прикладных исследований  
Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».*

УДК 338.27:004  
ББК 65.39в6

ISBN 978-5-906737-04-5

© Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», 2014  
При перепечатке ссылка обязательна

## Содержание

Аббревиатуры.....	4
Введение .....	5
Методические комментарии.....	12
<b>1. Вызовы и окна возможностей.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Перспективные рынки, продукты и услуги .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Перспективные направления научных исследований.....</b>	<b>31</b>
3.1. Компьютерные архитектуры и системы .....	32
3.2. Телекоммуникационные технологии .....	34
3.3. Технологии обработки и анализа информации .....	35
3.4. Элементная база и электронные устройства, робототехника .....	38
3.5. Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем .....	40
3.6. Информационная безопасность .....	41
3.7. Алгоритмы и программное обеспечение .....	44
Список литературы .....	46

## Аббревиатуры

АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ЕС	Европейский союз
ИиР	Исследования и разработки
ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
КМОП	Комплементарный металлооксидный полупроводник
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
ООН	Организация объединенных наций
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ПНТР	Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г.
СБИС	Сверхбольшая интегральная схема
СУБД	Система управления базами данных
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ЭВМ	Электронная вычислительная машина
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO)
4G	4 generation – Четвертое поколение технологий мобильной связи
5G	5 generation – Пятое поколение технологий мобильной связи
BI	Business Intelligence – Бизнес-аналитика
CNC	Computer Numerical Control – Числовое программное управление
EPO	European Patent Office – Европейский патентный офис
Fab Lab	Fabrication Laboratory – Производственная лаборатория, оснащенная оборудованием с числовым программным управлением
M2M	Machine-to-machine – Технологии и стандарты межмашинного взаимодействия
IoT	Internet of Things – Интернет вещей
IP	Internet Protocol – Маршрутизируемый протокол сетевого взаимодействия
R&D	Research and development – Исследования и разработки

*«Сейчас завершается разработка долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2030 года. Выделены конкретные направления как для подъема традиционных секторов, так и для прорыва на рынке высоких технологий...»*

В.В. Путин

Послание Президента Российской Федерации  
Федеральному Собранию Российской Федерации,  
12 декабря 2012 г.

.....

*«Прогноз должен послужить основой для разработки стратегий и инновационных программ крупнейших российских компаний. ... Прогноз носит не только индикативный характер... – это прогноз, на основе которого готовятся планы».*

Д.А. Медведев

Совещание с вице-преьерами,  
20 января 2014 г.

## Введение

**В** январе 2014 г. Председателем Правительства Российской Федерации был утвержден долгосрочный Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г. (ПНТР)<sup>1</sup>. Доклад, содержащий его детальные результаты, был согласован с заинтересованными министерствами и ведомствами (Минкомсвязи России, Минздравом России, Минтрансом России, Минфином России, Минэкономразвития России, Минпромторгом России, Минприроды России, Минэнерго России, Роскосмосом), Российской академией наук и одобрен на заседании Межведомственной комиссии по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России<sup>2</sup> 17 декабря 2013 г. Значение ПНТР для определения стратегических перспектив социально-экономического и научно-технологического развития страны отмечено в послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию 12 декабря 2012 г. [Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию, 2012], а также в выступлении Председателя Правительства Российской Федерации на совещании с вице-преьерами 20 января 2014 г. [Совещание с вице-преьерами, 2014].

В настоящем докладе представлены подробные результаты ПНТР по приоритетному направлению «Информационно-коммуникационные технологии».

Разработка ПНТР осуществлялась на фоне серьезных изменений, происходящих в последние годы в отечественной экономике (в частности, в сфере науки и инноваций), и связанных с этим преобразований научно-технической и инновационной политики, расширения круга ее субъектов и спектра используемых инструментов.

<sup>1</sup> Резолюция № ДМ-П8-5 от 3 января 2014 г.

<sup>2</sup> Создана решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации и инновационному развитию России от 28 июня 2013 г. (протокол № 1) во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» (абзац 2 подпункта «д» пункта 2).



Одна из первоочередных задач, стоящих перед Россией, – поиск новых источников экономического роста, который невозможен без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих выход на формирующиеся высокотехнологические рынки. Перевод российской экономики на инновационные рельсы предполагает опережающую динамику высокотехнологичных отраслей промышленности и сферы услуг и радикальное повышение их конкурентоспособности, что требует дальнейшего совершенствования научно-технической и инновационной политики, повышения качества ее информационного и методического обеспечения, усиления доказательной базы<sup>3</sup>.

Указанный комплекс задач предопределил *основную цель разработки ПНТР – выявление наиболее перспективных для России областей развития науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ страны*. Для ее достижения в течение последних лет осуществляется системная работа, связанная с проведением комплекса Форсайт-исследований.

Первым крупным проектом национального уровня стал долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2025 г., инициированный в 2007 г. Минобрнауки России. Он охватывал три крупных блока: макроэкономический прогноз российской экономики; прогноз сферы науки и технологий по приоритетным направлениям и отраслевой прогноз, содержащий варианты технологического развития ключевых секторов экономики. Центральным элементом проекта стало проведение масштабного опроса экспертов с использованием метода Дельфи. На его основе были выделены более 800 технологий в 10 перспективных направлениях научно-технологического развития, а затем осуществлен опрос 100 крупнейших компаний с целью анализа текущего и перспективного спроса на эти технологии.

На следующем этапе научно-технологического прогнозирования (2009–2010 гг.) был обобщен опыт зарубежных и международных прогнозов в социально-экономической и научно-технологической сферах, на базе которого выполнены оценки будущего глобальной экономики и отдельных крупных мировых рынков с учетом ожидаемых последствий финансово-экономического кризиса. Полученные результаты легли в основу макроэкономического прогноза российской экономики, а также вариантного прогноза технологического развития ряда секторов. Были определены группы перспективных технологий и продуктов, отвечающие приоритетам технологической модернизации страны.

В 2013 г. завершилась работа по формированию ПНТР, в рамках которой были получены следующие основные результаты:

- выделены тренды, оказывающие максимальное влияние на сферу науки и технологий, и порождаемые ими вызовы долгосрочного развития экономики, науки и общества в глобальном и национальном контекстах;
- для семи приоритетных направлений развития науки и технологий («Информационно-коммуникационные технологии»; «Биотехнологии»; «Медицина и здравоохранение»; «Новые материалы и нанотехнологии»; «Рациональное природопользование»; «Транспортные и космические системы»; «Энергоэффективность и энергосбережение»):
  - на основе выявленных трендов определены угрозы и окна возможностей для России;
  - идентифицированы перспективные рынки, продуктовые группы и потенциальные области спроса на российские инновационные технологии и разработки;
  - составлено детальное описание приоритетных тематических областей развития науки и технологий и сформулированы более 1000 первоочередных задач науч-

<sup>3</sup> Данная проблематика находилась в центре внимания Экспертной группы № 5 «Переход от стимулирования инноваций к росту на их основе», созданной в соответствии с поручением Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина № ВП – П13-209 от 19 января 2011 г. для подготовки рекомендаций по актуальным проблемам стратегии социально-экономического развития страны на период до 2020 г.



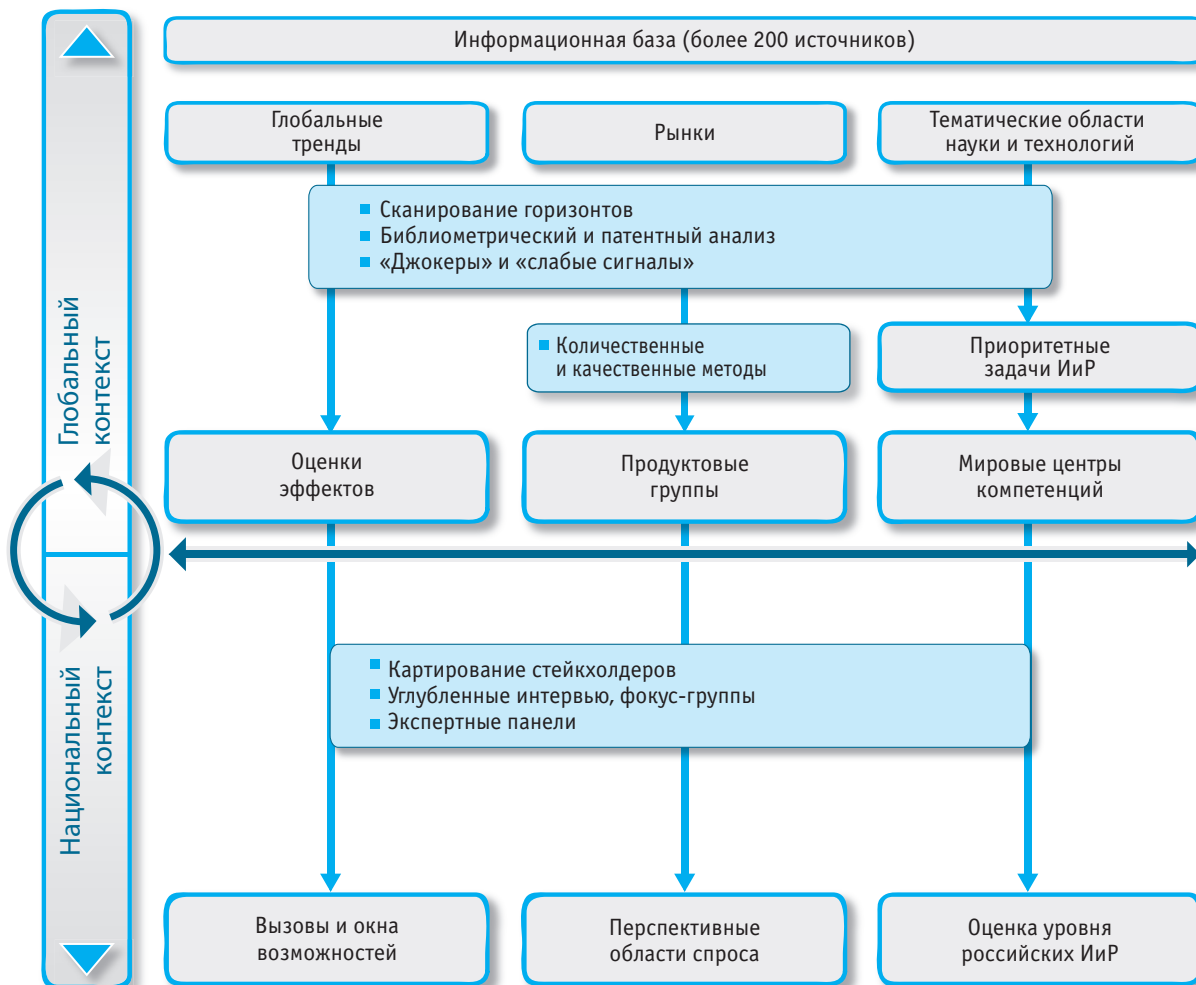
ных исследований и разработок, реализация которых необходима для появления выделенных групп инновационных продуктов и услуг;

- дана оценка состояния отечественных исследований в этих областях: выявлены «белые пятна», а также зоны паритета и лидерства, которые могут стать основой для интеграции в международные альянсы, позиционирования нашей страны как центра глобального технологического развития;
- подготовлены рекомендации, направленные на активизацию использования результатов ПНТР в практике научно-технической и инновационной политики, в том числе при формировании, корректировке и реализации государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности.

### Организация и методология выполнения работ

Настоящее исследование отличается от предшествующих работ по долгосрочному прогнозированию более сложной структурой, а также глубиной проработки общей концепции. Схема организации разработки ПНТР представлена на рис. 1.

**Рис. 1. Организация разработки долгосрочного Прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года**



Источник: НИУ ВШЭ.



При формировании ПНТР был применен широкий спектр современных инструментов Форсайта, которые, с одной стороны, в наибольшей степени адаптированы к российской специфике, с другой – подтвердили свою эффективность в международной практике. В ходе разработки прогноза была реализована интеграция нормативного («market pull») и исследовательского («technology push») подходов к прогнозированию. Нормативный подход носил проблемно-ориентированный (рыночный) характер: для выбранных научно-технологических направлений сначала определялись ключевые вызовы и окна возможностей, затем – соответствующие решения в терминах «пакетов технологий» либо иных ответов. Исследовательский подход был нацелен на идентификацию перспективных продуктов и прорывных технологий, способных коренным образом изменить существующие экономическую, социальную и производственную парадигмы. Рекомендации ПНТР формировались одновременно с трех позиций: науки, бизнеса и органов управления, – что позволило в рамках диалога с различными группами бенефициаров не только выявить перспективные области исследований и разработок, но и понять, кто и каким образом сможет воспользоваться результатами их развития.

В качестве инструментов прогнозирования использовались как уже ставшие традиционными методы (выбор приоритетов, построение образов будущего, дорожные карты, анализ глобальных вызовов), так и достаточно новые подходы (сканирование горизонтов, «слабые сигналы» (weak signals), «джокеры» (wild cards)<sup>4</sup> и др.).

Данные, полученные в ходе экспертного опроса и глубинных интервью, были уточнены в соответствии с материалами организаций – участников сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития на базе ведущих российских вузов по шести приоритетным направлениям.

## Источники информации для подготовки прогноза

В основу исследования были положены более 200 материалов, среди которых:

- аналитические исследования и прогнозы международных организаций (ОЭСР, Европейской комиссии, ООН, ЮНИДО, Всемирного банка и др.);
- национальные прогнозы науки и технологий (Великобритании, Германии, Франции, США, Японии, Республики Корея, Китая, Бразилии, ЮАР, Финляндии, Нидерландов, Тайваня и др.);
- прогнозы крупных корпораций и ведущих аналитических центров (IBM, Cisco, Gartner, McKinsey Global Institute, PWC, Deloitte и др.), а также ряда международных профессиональных ассоциаций;
- материалы ведущих зарубежных Форсайт-центров (RAND Corporation, Института перспективных технологических исследований ЕС, Университета Манчестера, Национального института научно-технической политики Японии, Бизнес-школы Телфера Университета Оттавы, Корейского института оценивания и планирования науки и технологий, Технологического университета Джорджии, Института политики и менеджмента Китайской академии наук, Австрийского института технологий и др.);
- российские прогнозы в сфере науки и технологий, в том числе реализованные по заказам Минобрнауки России;
- документы стратегического характера, отражающие долгосрочные перспективы развития российской экономики и ее отдельных секторов (Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года,

<sup>4</sup> События, характеризующиеся низкой вероятностью наступления, но высоким потенциальным эффектом воздействия (возможно, негативным), способные привести к неожиданной траектории развития будущего.





Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, стратегии развития отраслей, программы инновационного развития компаний и др.);

- базы данных патентных служб (Роспатента, патентного ведомства США – USPTO, Европейского патентного ведомства – EPO, Всемирной организации интеллектуальной собственности – WIPO и др.);
- базы данных международных журналов (ISI Web of Knowledge компании Thomson Reuters, Scopus компании Elsevier, Российский индекс научного цитирования и др.).

## **Инфраструктура прогноза**

В ходе реализации ПНТР на базе созданных в ведущих вузах отраслевых центров научно-технического прогнозирования была сформирована экспертная сеть, охватывающая более 200 организаций (научных центров, вузов, компаний реального сектора и др.) и свыше 2000 экспертов, выбор которых проводился на базе специально разработанных процедур и критериев. К экспертам предъявлялись жесткие квалификационные требования: наличие публикаций с высоким индексом цитирования, патентов, участие в крупных научных мероприятиях, известность в профессиональной среде и т.п. В качестве экспертов-практиков к разработке прогноза были привлечены представители инновационных компаний, инжиниринговых центров, маркетинговых организаций, организаций – потребителей и поставщиков (распространителей) инновационной продукции и др. Таким образом были сформированы рабочие группы экспертов высшего уровня по важнейшим направлениям развития науки и технологий (более 120 ведущих российских и зарубежных ученых) и расширенные рабочие группы, включающие представителей науки, государства, бизнеса, экспертного сообщества, общей численностью свыше 800 человек.

Среди иностранных специалистов, принимавших участие в подготовке прогноза, – представители международных организаций, крупных университетов и исследовательских центров, а также руководители научных лабораторий, организованных в рамках реализации грантов Правительства Российской Федерации, выделяемых на конкурсной основе для государственной поддержки научных исследований, проводимых в российских вузах и НИИ. Кроме того, была сформирована специальная группа зарубежных экспертов, задачами которой стали обсуждение методологии проводимых исследований и валидация полученных результатов. В ее состав вошли более 100 специалистов из ОЭСР, ЮНИДО, крупнейших мировых Форсайт-центров (из Великобритании, США, Канады, Японии, Республики Корея, Германии, Франции и др.).

## **Обсуждение и валидация результатов прогноза**

Результаты прогноза обсуждались на международных и российских форумах с участием ведущих мировых ученых и специалистов, в числе которых конференции:

- Future-oriented Technology Analysis (май 2011 г., Севилья);
- Euronanoforum-2011 (июнь 2011 г., Будапешт);
- Foresight and Science, Technology and Innovation Policies: Best Practices (Форсайт и научно-техническая и инновационная политика: лучший опыт) (октябрь 2011 г., Москва);
- International Research Conference on Foresight and Futures (август 2011 г., Стамбул);
- Knowledge Intensive Service Businesses (октябрь 2011 г., Карлсруэ);
- World Aqua Congress (ноябрь 2011 г., Нью-Дели);
- XIII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2012 г., Москва);



- Innovative Methods for Innovation Management (май 2012 г., Пекин);
- R&D Management Conference (май 2012 г., Гренобль);
- Bromley Memorial Lecture and Event on Science Technology Innovation Policy (май 2012 г., Оттава);
- 2012 STEPI International Symposium (май 2012 г., Сеул);
- OECD Innovation Policy Platform (июнь 2012 г., Париж);
- Foresight for Innovative Responses to Grand Challenges (Форсайт: инновационные ответы на глобальные вызовы) (октябрь 2012 г., Москва);
- XIV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2013 г., Москва);
- Creating Markets from Research Results (май 2013 г., Мюнхен);
- R&D Management (июнь 2013 г., Манчестер);
- Global Research and Social Innovation: Transforming Futures (21-я конференция Всемирной федерации исследований будущего) (июнь 2013 г., Бухарест);
- ISPIM 2013: Innovating in Global Markets: Challenges for Sustainable Growth (июнь 2013 г., Хельсинки);
- Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России: направления практического использования результатов (сентябрь 2013 г., Москва);
- Форсайт и научно-техническая и инновационная политика (октябрь 2013 г., Москва);
- Оценка эффектов форсайт-исследований в России и Европейском Союзе (январь 2014 г., Москва) и др.

## Использование результатов прогноза

ПНТР является важной составляющей системы технологического прогнозирования, ориентированной на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий, созданной согласно Указу Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» (абзац 2 подпункта «д» пункта 2). На состоявшемся 4 октября 2013 г. заседании Межведомственной комиссии, посвященном результатам ПНТР, был утвержден План мероприятий по обеспечению использования результатов долгосрочного Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года при корректировке документов государственных программ Российской Федерации научно-технологической направленности, а также приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. Данный план предполагает проведение серии организационно-методических, экспертно-аналитических и информационных мероприятий.

Отдельные результаты ПНТР были использованы при:

- разработке Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года<sup>5</sup>;
- подготовке государственной программы «Развитие науки и технологий» на период до 2020 года<sup>6</sup>;
- корректировке прогнозных параметров «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» до 2035 года и формировании целевого видения развития российской энергетики на период до 2050 года;
- подготовке проекта доклада Президенту Российской Федерации по вопросу формирования перечня приоритетных научных задач, решение которых требует использо-

<sup>5</sup> Утвержден Правительством Российской Федерации 25 марта 2013 г.

<sup>6</sup> Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. № 2433-р.



вания возможностей федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием<sup>7</sup>;

- проведении отраслевых Форсайтов и разработке соответствующих дорожных карт (развития космической навигации, авиационной науки и технологий, судостроения, нефтехимии, биотехнологий и генной инженерии, производства композиционных материалов и др.);
- формировании программ развития инновационных территориальных кластеров, стратегических программ исследований технологических платформ, программ инновационного развития ряда российских компаний.

Результаты ПНТР могут быть использованы:

- заинтересованными федеральными органами исполнительной власти – при формировании, корректировке и реализации государственных программ Российской Федерации; федеральных целевых программ научно-технологической направленности, включая планы и детальные планы-графики их реализации; приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации; перечня критических технологий Российской Федерации; отраслевых документов государственного стратегического планирования, включая отраслевые критические технологии;
- государственными корпорациями научно-технологического профиля, имеющими длительный горизонт планирования (ОАО «ОАК», «Ростех», «Росатом» и др.), – для формирования программ инновационного развития; институтами Российской академии наук – для формирования планов исследований;
- научным сообществом – для определения востребованных направлений научных исследований, а также продвижения имеющихся научно-технологических решений через создаваемые в рамках долгосрочного прогноза коммуникационные площадки;
- бизнес-сообществом – для формирования стратегий развития предприятий и инвестиционных проектов, связанных с технологической модернизацией;
- технологическими платформами – при формировании, корректировке и реализации стратегических программ исследований;
- институтами развития, ориентированными на поддержку инноваций (Банк развития и внешнеэкономической деятельности, ОАО «Российская венчурная компания», ОАО «РОСНАНО»), – для формирования долгосрочных планов;
- инновационными территориальными кластерами – при формировании, корректировке и реализации стратегий средне- и долгосрочного развития.

Согласно проекту федерального закона «О государственном стратегическом планировании» прогноз должен разрабатываться на регулярной основе во взаимосвязке с другими документами государственного стратегического планирования и с целью формирования системы научно обоснованных представлений о направлениях и ожидаемых результатах научно-технологического развития страны.

\* \* \*

В настоящем издании, посвященном приоритетному направлению развития науки и технологий «Информационно-коммуникационные технологии», приводится детальная информация о глобальных трендах, вызовах и окнах возможностей в рассматриваемой сфере, возникающих угрозах и степени их влияния на Россию. Представлен анализ важнейших перспективных рыночных ниш, продуктов и услуг, способных оказать радикальное влияние на динамику мировых и внутренних рынков, с указанием их потребительских свойств. Рассмотрены перспективные области научных исследований, приведена сравнительная оценка их уровня в России и странах-лидерах.

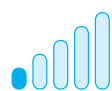
<sup>7</sup> Письмо Минобрнауки России № МОН-П-119 от 17 января 2014 г.

## Методические комментарии

Для выбора приоритетов прикладной науки, направленных на создание научно-технологических заделов, применялся ряд критериев. К приоритетным были отнесены исследования, которые:

- могут привести к появлению в долгосрочной перспективе новых рынков или рыночных ниш, продуктов с новыми свойствами, инновационных услуг;
- носят междисциплинарный, межотраслевой характер;
- позволят ответить на вызовы, стоящие перед приоритетным направлением;
- способствуют формированию технологической платформы будущей экономики и общества;
- способны решить ключевые научные проблемы в рассматриваемом направлении, создать задел на будущее.

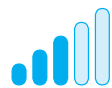
Для каждой тематической области была дана оценка уровня российских исследований по следующей шкале:



«белые пятна» – существенное отставание от мирового уровня, отсутствие (или утрата) научных школ;



«заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований;



«возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных на равных сотрудничать с мировыми лидерами;



«паритет» – уровень российских исследований не уступает мировому;



«лидерство» – российские исследователи являются лидерами на мировом уровне;

# **ВЫЗОВЫ И ОКНА ВОЗМОЖНОСТЕЙ**

---

**И**нформационно-коммуникационные технологии (ИКТ) выступают одним из ключевых драйверов перехода к экономике, основанной на знаниях. Их развитие способствует повышению качества жизни населения, эффективности ведения бизнеса и государственного управления, возникновению новых форм получения образования, коммуникации и социализации людей, обеспечению доступа к различным видам информации.

Новаторский характер производств, связанных с ИКТ, и смежных с ними отраслей во многом видоизменяет и технологические процессы. Экспоненциальный рост технических характеристик, миниатюризация и снижение стоимости компонентов приведет к необходимости увеличения вычислительных мощностей и интеллектуальных возможностей техники, а также к быстрой смене стандартов и технологических платформ информационных систем и сетей, соответствующих им товаров и услуг. Появление всепроникающих, интерактивных, персонализированных, сверхвысокоскоростных сетей, устройств и систем глобального масштаба дает импульс развитию мультимедийного контента и широкого спектра сопутствующих услуг. Ожидается, что со временем возможности средств ИКТ для индивидуального потребления будут только возрастать. Одновременно усиливается значение масштабных (вплоть до национальных) информационных систем, позволяющих управлять жизненным циклом товаров и услуг (технологии CALS – continuous acquisition and lifecycle support). В связи с непрерывным ростом конкуренции на рынках ИКТ, требующим снижения стоимости отдельных устройств, прогнозируется появление новых моделей сбыта, при которых добавленная стоимость будет определяться комплексом «устройство – программное обеспечение».

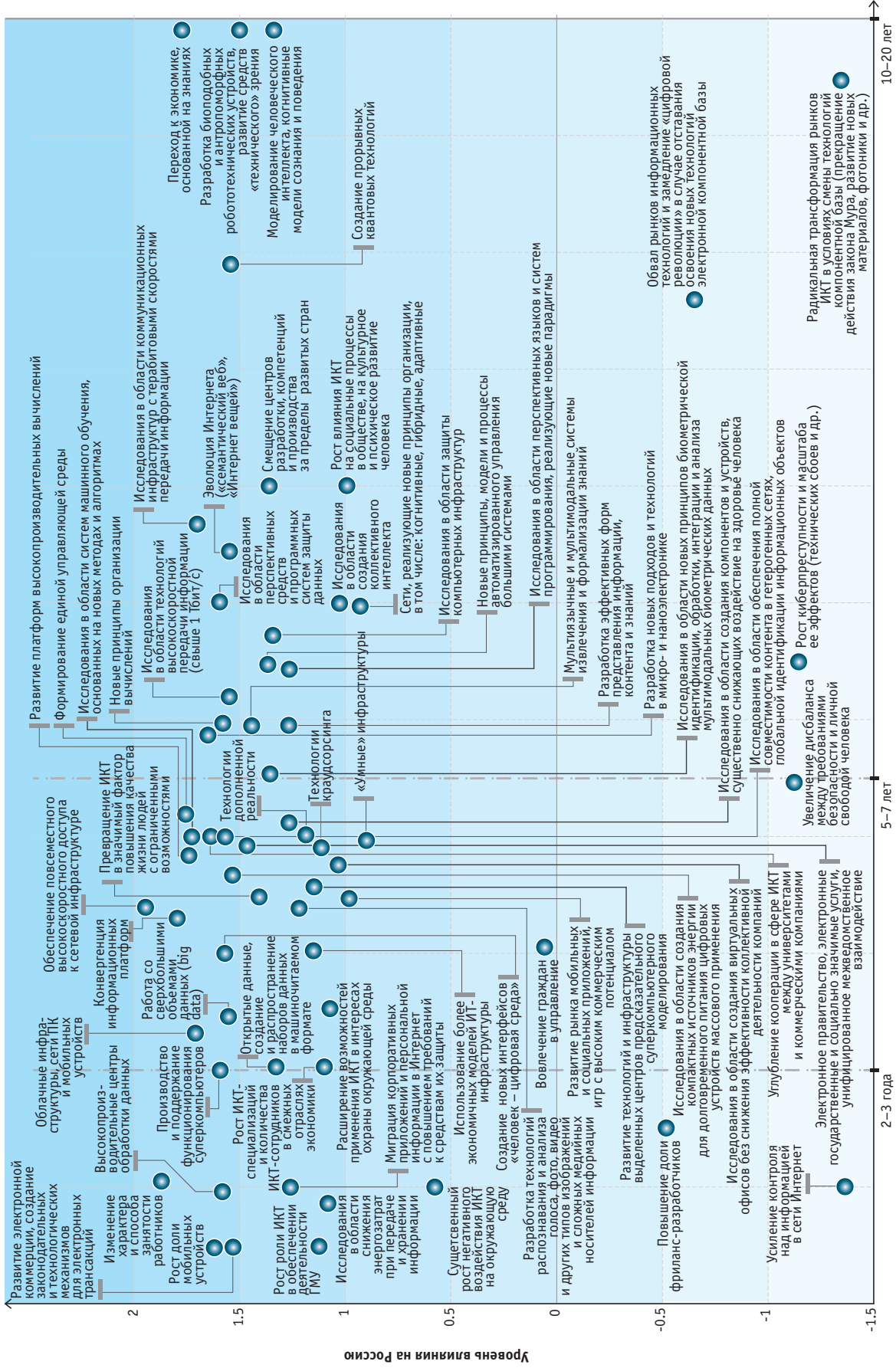
Ускоренная эволюция ИКТ, с одной стороны, и их быстрое «моральное устаревание», с другой, стимулируют спрос на новую продукцию. Так, развитие новых архитектур и принципов организации вычислений влечет за собой трансформацию программного обеспечения и инфраструктурных решений, приводя к инновационным изменениям в бизнес-стратегии предприятий всех секторов экономики.

Дальнейшее развитие приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии» определяется рядом вызовов и окон возможностей (рис. 2).

Повсеместное проникновение средств ИКТ оказывает в целом позитивное влияние на развитие экономической деятельности и общественных процессов. Однако в долгосрочной перспективе серьезным вызовом в рассматриваемой сфере может оказаться рост киберпреступности и масштаба ее эффектов (технических сбоев и др.). Ответами на этот вызов станут расширение контроля над информацией в сети Интернет и, как следствие, усиление дисбаланса между требованиями безопасности и личной свободой человека. Ожидается, что тенденция к незаконной деятельности в глобальных сетях сохранится на протяжении всего прогнозного периода. В то же время будут отмирать неэффективные формы проверок, появятся новые способы социально-политического манипулирования.



Рис. 2. Информационно-коммуникационные технологии: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



Высока вероятность научных прорывов в области систем формализации и извлечения знаний, машинного обучения (machine learning), базирующихся на новых методах и алгоритмах. Исследования и разработки в сфере аналитических систем нового поколения (next-generation analytics), систем предсказательного суперкомпьютерного моделирования создадут кардинально новые возможности для анализа комплексных процессов, принятия решений и идентификации ситуаций на основе сверхбольших массивов и потоков данных, что положительно скажется на росте продуктивности информационных систем. В этой связи следует обратить внимание на совершенствование технологий производства и поддержание функционирования суперкомпьютеров.

Для решения проблем, связанных со стремительным увеличением объема неструктурированной информации и потребностями обработки колоссальных ее массивов, получают развитие методы семантического анализа текстов и технологии работы со сверхбольшими объемами данных (big data). Проблема «больших данных» усиливается в связи с необходимостью управления разноформатной неструктурированной информацией. Следовательно, будет гарантирован спрос на специализированные инструменты для установления взаимосвязей между данными и получения на их основе значимых выводов.

Среди перспективных направлений дальнейшего внедрения ИКТ на «горизонтальных» рынках можно выделить появление единой управляющей среды. В частности, создание информационного пространства транспортной инфраструктуры (среды обмена унифицированной информацией между транспортными средствами) будет способствовать решению проблем организации движения в городах, вызванных постоянным повышением плотности транспортных потоков. Формирование единой среды обмена унифицированной информацией приведет к повышению эффективности выстраиваемых логистических цепочек.

Видоизменяющаяся технологическая база сетевых инфраструктур предопределяет появление способов и инструментов высокоскоростной передачи информации (свыше 1 Тбит/с), которые обеспечат увеличение потенциальных размеров и эффективности создаваемых вычислительных кластеров, развитие магистральных каналов связи повсеместного широкополосного доступа.

Новые принципы организации вычислений связаны с появлением следующих поколений классических архитектур на чипах для массовых изделий; гибридных устройств, объединяющих классические и инновационные решения; поиском новых рыночных ниш, где можно ожидать появления разрушающих технологий. Прорывы возможны в области решения задач криптографии, моделирования, интеллектуальных телекоммуникационных систем нового поколения.

Развитие концепции распределенных сетей с независимыми узлами и адаптивной маршрутизацией между ними и включение в инфраструктуру новых классов объектов – «Интернет вещей» – будет осуществляться в рамках процессов эволюции Интернета. Благодаря перспективным технологиям машинной обработки контента может быть повышена эффективность применения таких сетей, создана единая сетевая инфраструктура, объединяющая все используемые устройства, и одновременно сокращены жизненные циклы стандартов и технологических платформ ИКТ-систем и сетей. Выявление механизмов целенаправленного взаимодействия людей в сообществах посредством виртуального общения; разработка новых поколений интерфейсов «человек–машина», технологий распознавания речи, гибридных моделей когнитивных механизмов и речемыслительной деятельности человека; создание мобильных приложений, предлагающих различные интерфейсы между «Интернетом людей» и «Интернетом вещей», – все это позволит значительно интенсифицировать взаимодействие пользователей с цифровой средой.

Как уже отмечалось, от уровня развития сферы ИКТ во многом зависит возможность перехода к экономике, основанной на знаниях, который начался с проникновения рассматриваемых технологий в материальное производство и сегодня набирает обороты по мере



насыщения ими сферы услуг (финансы, страхование, торговля, транспортная инфраструктура и т.п.). Однако его эффекты в полной мере проявятся только в будущем. Этот процесс задает вектор дальнейших изменений в структуре экономической деятельности и создаваемой добавленной стоимости, направленный на интеллектуализацию производства и потребления.

Создание биоподобных и антропоморфных робототехнических устройств повлечет за собой существенные сдвиги в структуре и формах занятости населения, применение роботов в системах, ориентированных на взаимодействие «человек–человек».

Базовым направлением развития робототехники и систем анализа данных станут моделирование человеческого интеллекта и разработка когнитивных моделей сознания и поведения (их актуальность сохранится в течение всего прогнозного периода), что, в свою очередь, будет способствовать созданию систем, постепенно заменяющих человека при принятии решений.

Экспертами отмечены следующие **угрозы для России** в сфере ИКТ:

- обострение цифрового неравенства, связанного с формированием единого глобального информационного пространства без участия России;
- неготовность к широкомасштабному предоставлению гражданам медицинских и иных социальных услуг с использованием ИКТ;
- возможность использования потенциала ИКТ в целях подрыва национальной безопасности, нарушения государственного и общественного порядка;
- низкий уровень компетенций и недостаток ресурсов для обеспечения эффективного (защищенного) документооборота;
- неготовность к массовому применению технологий виртуальной реальности;
- растущая незащищенность личной жизни и личного жизненного пространства.



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЫНКИ, ПРОДУКТЫ И УСЛУГИ

---

«Горизонтальный» характер рассматриваемой сферы способствует внедрению как инфраструктурных, так и специфических отраслевых решений практически во всех секторах экономики. В долгосрочном периоде они должны придать наибольшую динамику роста в профильном производстве – индустрии ИКТ (телекоммуникационное и ИТ-оборудование, программное обеспечение, ИТ-услуги), а также в промышленности, энергетике, здравоохранении, на транспорте и т.д.

***Перспективные рынки для приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии»:***

- телекоммуникационное и ИТ-оборудование;
- программное обеспечение и ИТ-услуги;
- машиностроение;
- химическая промышленность;
- энергетика;
- космическая деятельность;
- добыча полезных ископаемых;
- транспорт;
- наука;
- управление;
- образование;
- здравоохранение;
- индивидуальное потребление продукции ИКТ.

С ростом объема системного и прикладного программного обеспечения возрастает актуальность проблемы достижения качества программ. Важной тенденцией в подходах к разработке программного обеспечения является развитие методов верификации и тестирования больших программных систем.

Многие сферы экономической деятельности тяготеют к внедрению сенсорных сетей, концепция которых основана на кардинальном изменении роли человека. Взаимодействие их элементов (в большей части беспроводных) становится проактивным, предвосхищающим управляющие воздействия человека–оператора. В долгосрочной перспективе применение сенсорных сетей в различных секторах экономики может дать значительно больший эффект, нежели распространение Интернета.

Аналогично «кремниевой революции» в элементной базе компьютеров середины XX века ожидаются радикальные инновации в области электроники (в частности оптоэлектроники), обусловленные появлением полимеров нового поколения. Результатом их внедрения станет изменение условий эксплуатации электронного оборудования, расширение возможностей информационных технологий, создание предпосылок перехода на новые принципы организации обучения, быта и досуга.



Развитие процессов информатизации промышленности тесным образом связано с интенсификацией компьютерного моделирования, совершенствованием систем дизайна, инжиниринга, проектирования и производства с учетом требований безопасности для здоровья человека и окружающей среды и индивидуализации производства для удовлетворения потребностей конкретного человека.

К актуальным проблемам относится применение суперкомпьютеров со скоростью работы до нескольких триллионов операций в секунду, которые предназначены для решения задач, требующих объемных вычислений. В частности, в химической промышленности такая техника необходима для молекулярного дизайна и развития технологий компьютерного моделирования экспериментов.

Магистральная тенденция в области разработки суперкомпьютерных систем для вычислительных задач – создание кластеров (массово-параллельных систем) серверов, имеющих большое количество процессорных ядер; это позволяет масштабировать пиковую производительность. Для наиболее востребованных классов вычислительных задач (численных методов, моделирования, задач молекулярной динамики и т.п.) производительность процессорных ядер достигается не столько увеличением тактовой частоты, сколько выполнением большего числа операций с плавающей запятой за один такт процессора. Активное применение в системах высокопроизводительных вычислений (high performance computing – HPC) перспективных инструментов, например, графических процессоров (graphical processing unit – GPU), обладающих высокими техническими характеристиками, дает производителям возможность снижать их стоимость в условиях массового спроса.

В машиностроении важными драйверами выступают технологии производственного инжиниринга (приборы, контроллеры, датчики, промышленные роботы и др.); автоматизированные системы управления технологическими процессами, для которых решается проблема повышения фондоотдачи основного технологического оборудования на новом уровне надежности; автоматизированные системы оперативного управления производством дискретного типа (преимущественно заказного, мелкосерийного и единичного), внутрицехового планирования и диспетчерского контроля. В долгосрочном периоде рынок средств автоматизации и систем управления в машиностроении станет в полной мере «сетевым» и интегрируется в отрасль ИКТ.

В среднесрочной перспективе получают развитие технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий, обеспечивающие снижение энергозатрат при их эксплуатации; методы повышения эффективности управления процессами в энергетике путем применения сенсорных сетей и «умных» датчиков; интеллектуальные системы мониторинга, диагностики и автоматического управления для энергосистем.

В сфере транспорта максимальным потенциалом среди ИТ-услуг обладают группы сервисов, ориентированных на повышение качества и расширение функциональности автомобильной и пешеходной навигации. Решение задачи бесшовной навигации в этих условиях даст импульс развитию новых геоинформационных сервисов и приложений дополненной реальности.

В здравоохранении благодаря развитию ИКТ существенно расширяются возможности оказания медицинской помощи населению, о чем свидетельствуют достигнутые за последние десятилетия успехи в борьбе с опасными заболеваниями.

Таким образом, в период до 2030 г. можно ожидать появления на перечисленных выше рынках ряда инновационных продуктов и услуг на базе развития ИКТ (табл. 1). Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отображены на рис. 3.



**Табл. 1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии»**

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Телекоммуникационное и ИТ-оборудование	Компактные источники энергии для долговременного (недели, месяцы) питания цифровых устройств массового применения	Уменьшенные габариты
	Метаматериалы и программное обеспечение для обработки и передачи контента	Увеличенный период активного использования
	Фотонные устройства и компоненты	Повышенный уровень надежности
	Оборудование для новых поколений сетей связи, в том числе мобильной	Высокая разрешающая способность оптических трактов в технологических комплексах электронной промышленности
		Повышенный уровень быстродействия элементной базы и цифровых устройств на ее основе
		Высокая чувствительность датчиков
		Возможность разработки сверхмалых устройств (нанофотоника)
Программное обеспечение и ИТ-услуги	Grid-алгоритмы и программное обеспечение для распределенного решения отдельных классов сложных вычислительных задач	Устойчивость работы ИТ-систем
	Программное обеспечение формализации и извлечения знаний о сложных информационных объектах	Высокая эффективность распределения задач по ресурсам grid-системы
	Алгоритмы и программное обеспечение для верификации больших программ	Полнота верификации
	Алгоритмы и программное обеспечение машинного обучения (machine learning), в том числе с опорой на суперкомпьютерные модели распределенных вычислений	Высокая эффективность алгоритмов по времени работы и затраченной на работу памяти
	Аналитическое программное обеспечение нового поколения (next-generation analytics)	Высокий уровень адекватности распознавания и кластеризации данных
	Инструментальные средства разработки, отладки и тестирования программ для различных классов систем параллельных вычислений	Короткое время реакции на запрос и действия человека
	Приложения дополненной реальности	Эффективные алгоритмы формализации данных, включая данные качественного характера
	Повышенная производительность и ресурсоемкость программ	
	Высокий уровень адекватности и качества представления виртуальных объектов	
	Удобство получения информации в режиме реального времени	
	Кастомизация контента	



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Машиностроение	<p>Алгоритмы и программное обеспечение для построения сложных трехмерных сцен по изображениям и видеоряду в режиме реального времени (компьютерное зрение)</p> <p>Роботы-помощники, свободно передвигающиеся и взаимодействующие с людьми</p> <p>Цифровые устройства, обладающие свойствами репликации и/или самовосстановления</p> <p>Развитие средств автоматизированного формирования материальных объектов на основе цифровых моделей этих объектов (аддитивные технологии и т.п.)</p>	<p>Короткое время реакции на изменение ситуации и адекватность восстановления событий</p> <p>Отказоустойчивость</p> <p>Модульность</p> <p>Повышение гибкости и адаптивности систем поточного производства</p> <p>Удешевление кастомизированного производства</p> <p>Существенный рост возможностей защиты, высокий уровень эффективности алгоритма самовосстановления</p> <p>Возможность для «новой индустриализации» в традиционных производствах</p> <p>Рост нормы замещения человеческого ресурса на производстве</p> <p>Расширение сфер занятости людей с ограниченными возможностями</p>
Химическая промышленность	<p>Алгоритмы и программное обеспечение компьютерного моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение компьютерного моделирования материалов с заданными свойствами</p>	<p>Высокий уровень адекватности модели и короткое время реакции на запрос</p> <p>Точность, высокая скорость и своевременность получения результатов</p>
Энергетика	<p>Алгоритмы и программное обеспечение для интеллектуальных сетей smart grid, т.е. программно-технологического комплекса, способствующего превращению энергетической сети из «пассивного» устройства транспортировки электроэнергии в «активный» элемент управления режимами работы</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение для оценки рисков и планирования мероприятий по преодолению чрезвычайных ситуаций в энергетических инфраструктурах</p> <p>Программное обеспечение энергоинформационных систем реализации программ «энергоэффективный дом» и «энергоэффективный город»</p>	<p>Высокая эффективность алгоритмов по времени работы и затраченной на работу памяти</p> <p>Короткое время реакции на запрос</p> <p>Низкая ресурсоемкость алгоритма</p> <p>Существенное повышение эффективности энергосистемы в целом и отдельных ее частей</p> <p>Снижение потерь электроэнергии</p> <p>Предотвращение аварийных ситуаций, вызываемых несинхронностью энергосистем</p> <p>Увеличение максимально допустимых перетоков в электрических сетях</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Добыча полезных ископаемых	<p>Алгоритмы и программное обеспечение для формализации и извлечения знаний из слабоструктурированной и неструктурированной информации</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение компьютерного мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф</p> <p>Программное обеспечение систем геологоразведки в сложных климатических и геологических условиях</p> <p>Программное обеспечение доразведки выработанных и вырабатываемых месторождений</p> <p>Программное обеспечение геологоразведки нетрадиционных энергоносителей</p> <p>Интеллектуальные системы управления трубопроводными транспортными потоками</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение систем и комплексов предсказательного моделирования событий и явлений (социальных, техногенных, климатических, сейсмических, геофизических и др.)</p>	<p>Высокая эффективность алгоритмов формализации</p> <p>Высокий уровень адекватности моделей</p> <p>Короткое время реакции на запрос</p> <p>Точность, высокая скорость и своевременность получения результатов</p>
Транспорт	<p>Программное обеспечение моделирования транспортно-экономических балансов регионального и федерального уровней</p> <p>Интеллектуальные транспортные системы городских агломераций</p> <p>Интеллектуальные транспортные системы транзитных транспортных коридоров и федеральных трасс</p> <p>Интеллектуальные транспортные системы автоматизированного и автоматического управления воздушными транспортными средствами, в том числе беспилотными, а также их группами</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение оценки рисков и планирования мероприятий по преодолению чрезвычайных ситуаций в транспортных системах</p> <p>Автономные необслуживаемые микромощные радиоэлектронные устройства, программируемые по радиоканалу</p> <p>Программное обеспечение организации мультимодальных транспортно-логистических процессов регионального, федерального и межстранового уровней</p>	<p>Короткое время реакции на запрос</p> <p>Низкая ресурсоемкость алгоритма</p> <p>Низкий уровень энергопотребления</p> <p>Уменьшенные габариты</p> <p>Повышенный уровень надежности</p> <p>Универсальность</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Система мониторинга и управления качеством транспортных услуг</p> <p>Системы мониторинга, контроля и надзора за обеспечением безопасности на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры</p>	
Наука	<p>Интеллектуальные системы типа «умная лаборатория»</p> <p>Grid-алгоритмы и программное обеспечение для распределенного решения отдельных классов сложных вычислительных задач</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение для формализации и извлечения знаний из слабоструктурированной и неструктурированной информации</p> <p>Модели, алгоритмы и программное обеспечение трекинга научно-технических результатов на основании анализа их повторного использования и выявления скрытых взаимосвязей на всех этапах жизненного цикла научной продукции и технологий</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение машинного обучения (machine learning), в том числе с опорой на суперкомпьютерные модели распределенных вычислений</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение систем и комплексов предсказательного моделирования</p> <p>Аналитическое программное обеспечение нового поколения (next-generation analytics), основанное на эффективных методах и алгоритмах формализации и извлечения знаний и обработки больших данных</p>	<p>Высокий уровень устойчивости работы системы</p> <p>Повышенный уровень эффективности распределения задач по ресурсам grid-системы</p> <p>Высокая эффективность алгоритма формализации</p> <p>Повышенный уровень адекватности распознавания и кластеризации</p> <p>Короткое время реакции на запрос</p> <p>Высокий уровень адекватности моделей</p>
Управление	<p>Платформа для перехода публичной политики в Интернет-пространство с использованием краудсорсинга для совершенствования практик государственного управления и регулирования</p> <p>Инструменты создания «облачной демократии», стирающей границы между гражданской активностью и публичной политикой</p> <p>Инструменты обеспечения нового уровня защиты государственной тайны</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение систем и комплексов предсказательного моделирования событий и явлений (социальных, техногенных, климатических, сейсмических, геофизических и др.)</p>	<p>Высокий уровень адекватности модели</p> <p>Короткое время отклика на запрос</p> <p>Точность сообщаемых данных</p> <p>Повышенный уровень эффективности алгоритмов формализации</p> <p>Высокая информационная емкость и независимые от вида получаемых данных скорость и надежность</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Алгоритмы, устройства и программное обеспечение для работы с пространственными данными (location-based services)</p> <p>Мультиструктурные и мультимодальные хранилища информации</p>	
Образование	<p>Ресурсы для дистанционного образования в лекционном и семинарском режиме, а также в режиме самообразования</p> <p>Мультимедийные средства поддержки очного обучения, адаптированные под современные форматы и требования (от размещения текстов до выполнения сложных заданий по поиску и обработке данных)</p> <p>Ресурсы для обучения людей с ограниченными возможностями</p> <p>Информационные базы общеразвивающего и узкопрофессионального профиля</p> <p>Системы автоматического перевода улучшенного качества, способные переводить тексты и речь</p> <p>Узкопрофессиональные поисковые и библиотечные системы</p> <p>Программное обеспечение для портативных устройств, оснащенных обучающими программами и ресурсами</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение для обработки мультимедийной информации в сетях хранения на основе распараллеливания операций выявления семантических связей</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение для самообучающихся систем машинного перевода</p> <p>Аналитическое программное обеспечение нового поколения</p> <p>Мультиструктурные и мультимодальные хранилища информации</p>	<p>Высокая эффективность алгоритмов выявления семантических связей</p> <p>Повышенный уровень адекватности перевода, высокий темп перевода в режиме реального времени</p> <p>Высокое качество обработки текстов</p> <p>Легкость добавления новых языков</p> <p>Приемлемый уровень универсальности</p> <p>Короткое время реакции на запрос, изменение ситуации и адекватность восстановления событий</p> <p>Высокая информационная емкость и независимые от вида получаемых данных скорость и надежность</p>
Здравоохранение	<p>Алгоритмы и программное обеспечение для математического моделирования процессов, происходящих в живых организмах (например, ускорение процессов моделирования структур и динамики макромолекул)</p> <p>Алгоритмы и программное обеспечение для построения сложных трехмерных сцен по изображениям и видеоряду в режиме реального времени (компьютерное зрение)</p>	<p>Высокая эффективность алгоритмов выявления семантических связей</p> <p>Короткое время реакции на изменение ситуации и адекватность восстановления событий</p> <p>Повышенная эффективность алгоритма формализации</p>



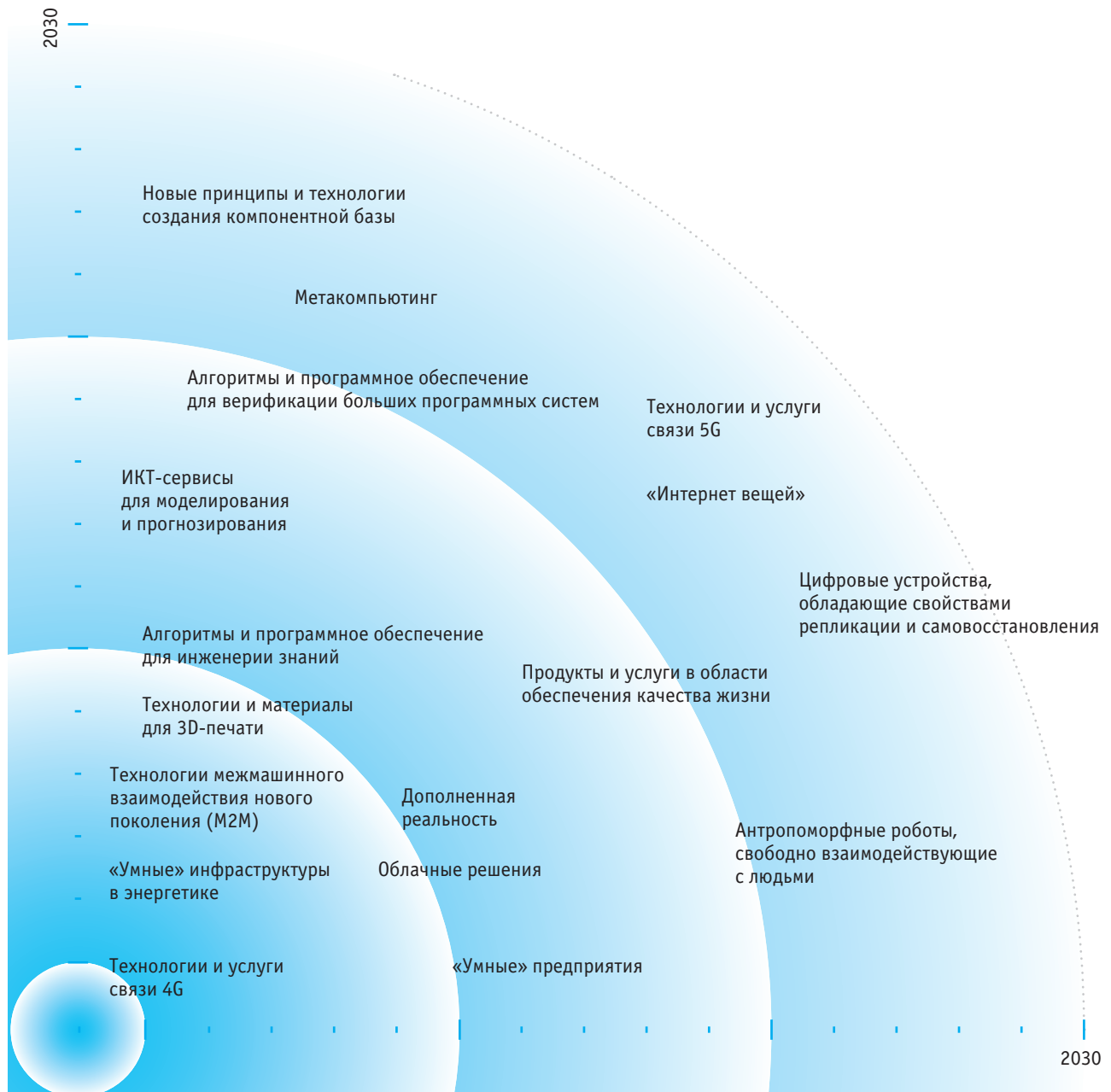
(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Модели и программное обеспечение для формирования детализированных цифровых онтологических профилей пациентов, болезней, способов лечения и др., обеспечивающих многоаспектный учет медицинских и экстрамедицинских параметров на недоступном в настоящий момент уровне</p> <p>Программное обеспечение поддержки принятия решений в области предсказательной медицины</p> <p>Носимые беспроводные датчики</p>	<p>Низкий уровень энергопотребления</p> <p>Уменьшенные габариты</p> <p>Высокий уровень надежности</p> <p>Мобильность, оперативность передачи данных, автономность применения, сопряжение с другими сетями</p>
ИКТ-продукты и услуги индивидуального потребления	<p>Компактные источники энергии для долговременно-го (недели, месяцы) питания цифровых устройств массового применения</p> <p>Приложения дополненной реальности</p> <p>Интеллектуальные системы «умный дом»: оптимальное управление инфраструктурой объектов ЖКХ, цифровизация бытовых устройств, объединение их в единую сеть, способную как к автоматическому поддержанию оптимальных параметров, так и к изменению по удаленной команде</p> <p>Роботы-помощники, свободно передвигающиеся и взаимодействующие с людьми</p> <p>Средства повышения качества жизни людей с ограниченными возможностями</p> <p>Интеллектуальные средства электронной торговли и гибкие системы управления поставками товаров конечным пользователям</p> <p>Средства создания виртуальных профессиональных сообществ и новых форм занятости, развитие Интернет-бизнесов</p> <p>Персонализированные услуги, привязанные к контексту потребителя, в том числе персонифицированное телевизионное вещание и новостные ленты</p> <p>Интерактивные музеи и выставки, повышающие доступность объектов культурного наследия и снимающие ограничения по посещаемости</p> <p>Мультиязычные (инвариантные к исходным языкам) и мультимодальные (инвариантные к типу контента: текст, графика, видео) системы извлечения и формализации информации</p> <p>Устройства для замещения промышленных изделий продуктами домашнего творчества, в том числе 3D-принтеры</p>	<p>Уменьшенные габариты</p> <p>Длительный период активного использования</p> <p>Высокий уровень надежности</p> <p>Высокий уровень адекватности и качества представления виртуальных объектов</p> <p>Короткое время реакции на действия человека</p> <p>Удобство получения информации в режиме реального времени</p> <p>Отказоустойчивость</p> <p>Модульность</p> <p>Повышенный уровень адекватности поведения условиям эксплуатации</p>





**Рис. 3. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Информационно-коммуникационные технологии»**



«Умные» инфраструктуры в энергетике (smart grid) – интегрированные саморегулирующиеся и самовосстанавливающиеся электроэнергетические системы, имеющие сетевую топологию и охватывающие все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, в совокупности управляемые единой сетью автоматизированных устройств в режиме реального времени, – получают дальнейшее развитие уже в краткосрочной перспективе. На следующем этапе в целях синхронизации разрозненных отраслевых систем возрастет значение технологий сенсорных сетей и объединения сенсоров с объектами с целью их мониторинга.



*Облачные решения* уже сегодня представлены на рынках ИТ-услуг. Достаточно отметить резкий рост и популяризацию сервисов для хранения контента в «облаках», которые разрабатываются и поддерживаются всеми крупнейшими компаниями сегмента, а также усиливающуюся тенденцию миграции приложений в сеть Интернет и переход ведущих мировых производителей программного обеспечения к бизнес-моделям, ориентированным на «тонкого клиента». Согласно исследованиям McKinsey Global Institute, к 2025 г. ежегодный рыночный потенциал распространения облачных технологий и приложений при различных сценариях развития мировой экономики может варьироваться в диапазоне от 1.7 до 6.2 трлн долларов.

К *четвертому поколению мобильных сетей (4G)* принято относить перспективные технологии, которые позволяют осуществлять передачу информации со скоростями, превышающими 100 Мбит/с, подвижным и 1 Гбит/с – стационарным абонентам. Внедрение таких сетей уже началось, и в ближайшем будущем ожидается бурное распространение связи 4G в глобальном масштабе и обусловленное этим развитие новых видов контентных услуг и бизнес-моделей.

Совершенствование *технологий межмашинного взаимодействия (machine-to-machine – M2M)* приведет к появлению более гибких возможностей координации и распределенного управления объектами инфраструктуры и станет важным этапом на пути реализации глобальной концепции «Интернета вещей».

*Технологии 3D-печати* появились достаточно давно и успешно применяются в ряде производств. Так, без их использования уже практически не обходится деятельность многих передовых компаний по созданию макетов, моделей и прототипов узлов, агрегатов, изделий, зданий и сооружений. Перспективы совершенствования 3D-печати необходимо рассматривать в контексте глобальных тенденций развития обрабатывающих устройств с числовым программным управлением (CNC) и расширения их использования в сегменте конечного потребления (создание домашних и общественных Fab Lab). Будущее этих технологий неразрывно связано с разработкой новых принципов производства, созданием инновационных материалов, обладающих повышенными функциональными характеристиками (прочностью, твердостью и т.д.), и снижением их себестоимости.

Получили развитие *алгоритмы и программное обеспечение для инженерии знаний*, находящиеся на стыке теории обучающихся систем, когнитивной психологии и исследований в области искусственного интеллекта. Инженерия знаний распространяет понятия, относившиеся в разработках по искусственному интеллекту лишь к компьютерам (machine learning), на любую обучающуюся систему (под обучением подразумевается приобретение и преобразование знаний с целью их применения). Новые модели работы с памятью большого объема (в том числе с семантическими базами данных) становятся все более востребованными. Развитие технологий высокопроизводительного семантического анализа связано с созданием перспективных архитектур аппаратно-программных платформ, учитывающих специфику семантических баз данных и процедуры их формирования. Аппаратная поддержка общей памяти и вычислительной модели с массовым параллелизмом поможет получить кардинально новый результат уже в ближайшем будущем. В качестве потенциальных областей применения таких систем рассматриваются бизнес-аналитика, биоинформатика, медицина, телекоммуникации, логистика, анализ социальных сетей, поисковые системы. В долгосрочном периоде развитие рынков аналитического программного обеспечения и систем формализации знаний будет способствовать повышению эффективности проводимых в России исследований в области предотвращения и снижения загрязнения окружающей среды, переработки и утилизации техногенных образований и отходов; экологически без-



опасной разработки месторождений и добычи природных ресурсов; технологий снижения риска природных и техногенных катастроф.

Одна из ключевых областей исследований и разработок в сфере ИКТ – реализация *алгоритмов и программного обеспечения для верификации больших программных систем* для облачных и grid-приложений. В среднесрочный период прогресс технологий разработки программного обеспечения пойдет по пути совершенствования методов верификации промышленных программно-аппаратных систем. Уже разработаны и апробированы теоретические основы алгоритмов, обеспечивающих эффективную верификацию. В обозримом будущем эти методы станут частью технологического цикла компаний, создающих программы для критических применений. В ряде случаев технологии верификации актуальны не только для крупных программных систем, но и для сокращения сроков разработки различных приложений среднего уровня сложности, к надежности которых предъявляются особо высокие требования (встраиваемых компьютерных технологий для бортовых систем управления космических аппаратов и военной техники, медицинской аппаратуры, мобильных телефонов и др.).

Переход к *пятому поколению мобильных сетей (5G)* приведет, по оценкам экспертов, к 100–1000-кратному увеличению скорости передачи данных и пропускной способности по сравнению с внедряемыми в настоящее время технологиями 4G. Ожидается заметное улучшение и других технических характеристик, таких как зона покрытия, количество одновременных подключений, стоимость развертывания и энергоемкость инфраструктуры, расход энергии на устройстве абонента, надежность и гибкость связи. Несмотря на то, что коммерциализация технологий пятого поколения прогнозируется в период 2020–2025 гг. (это подтверждается динамикой развития мобильных сетей последних 20 лет), в настоящее время активно проводится разработка соответствующих стандартов и сформированы долгосрочные программы развития исследований на международном, национальном и корпоративном уровнях.

Важнейшими характеристиками *ИКТ-сервисов для моделирования и прогнозирования* являются уровень адекватности модели и время ее реакции на запрос. Математические и компьютерные модели, базирующиеся на результатах натуральных и/или вычислительных экспериментов с применением концепции предсказательного моделирования, «обучаются» по множеству прототипов входных и выходных данных и фактически имитируют как источники получения данных, так и сами модели, созданные на основе изучения физики соответствующих процессов. Используя подобные подходы («метамоделирование»), можно многократно ускорить расчеты, снижая при этом количество дорогостоящих натуральных либо вычислительных экспериментов и достигая радикального сокращения сроков и стоимости проектирования, повышения качества инженерных изделий, упрощения использования таких сервисов и, как следствие, снижения требований к квалификации пользователей. Применение предсказательного моделирования для расчетов оптических свойств метаматериалов со сложной геометрией, используемых в трудновоспроизводимых условиях, позволяет проводить оптимизацию метаматериалов и минимизировать затраты на их производство, что вызовет трансформацию рынка материалов с новыми свойствами.

Рост рынка *продуктов и услуг в области обеспечения качества жизни* будет связан с появлением специализированных порталов (как для различных профессиональных групп, так и для населения), а также с развитием систем непрерывного мониторинга важнейших физиологических параметров организма человека на основе мобильных решений. В биоинформационных технологиях наиболее востребованными окажутся результаты инноваци-



онных разработок на стыке микро-, нано- и биотехнологий, в том числе алгоритмы и программное обеспечение для выявления базовых механизмов работы головного мозга и памяти, интегрированные системы предупреждения рисков для здоровья.

*Услуги на основе ресурсов для распределенных и параллельных вычислений (метакомпьютинг)* дают возможность с помощью суперкомпьютеров значительно повысить эффективность научных исследований и увеличить конкурентоспособность продукции многих секторов экономики. Основные направления развития метакомпьютинга – grid-алгоритмы и программное обеспечение для распределенного решения сложных вычислительных задач; алгоритмы и программное обеспечение для разработки, верификации и тестирования больших программ. С ростом востребованности услуг метакомпьютинга будут созданы стандартные механизмы внешнего регулирования рынка сервисов этой категории, появятся метрики качества их предоставления, которые дадут возможность выстроить бизнес-модели взаимоотношений между провайдерами и потребителями сервисов. В сфере материального производства благодаря услугам категории e-science удастся снизить порог вхождения компаний-стартапов на рынки наукоемких продуктов (микроэлектроники, фармацевтики, проектирования новых материалов, биоинженерии). Развитие рассматриваемой продуктовой группы потребует принципиально новых способов решения проблем энергопотребления, времени наработки компонентов на отказ и параллелизма дальнейшего движения в сторону увеличения реальной производительности аппаратных платформ метакомпьютинга.

Концепция развития и коммуникации физических объектов, названная *«Интернетом вещей»*, появилась в конце 1990-х гг. Ее основной идеей стало оснащение максимального числа объектов технологиями взаимодействия, при котором создаются самоорганизующиеся сети устройств (объектов), способных совместно решать поставленные задачи и реагировать на изменения окружающей среды. Подобная организация вещей (устройств, объектов) может перестроить многие экономические и общественные процессы и заметно сократить участие в них человека. Этому способствуют увеличение числа устройств, имеющих доступ к Интернету; рост высокоскоростных беспроводных сетей; развитие технологий межмашинного взаимодействия и новых типов сенсоров; распространение облачных решений и начало перехода клиентских устройств на протокол IPv6. Для реализации стартового потенциала «Интернета вещей» на уровне однозначной идентификации предметов в производственных процессах необходима трансформация бизнес-процессов предприятий в большинстве секторов экономики.

Технологии *дополненной реальности* лягут в основу создания устройств, которые разрешают человеку адаптировать каналы взаимодействия с окружающей средой посредством принципиально новых интерфейсов. Классический пример реализации подобной концепции – очки Google, дающие возможность пользователю получать из сети Интернет информацию об объектах окружающей среды в режиме реального времени. Наиболее вероятным следующим этапом развития этих технологий станет появление специальных контактных линз, способных передавать всю необходимую информацию из различных источников (в том числе из сети Интернет) пользователю непосредственно на сетчатку глаза. Таким образом, в перспективе устройства дополненной реальности смогут кардинально изменить способы социализации людей и их восприятие окружающего мира, что, в свою очередь, вызовет существенные социально-экономические эффекты.

*Цифровые устройства, обладающие свойствами репликации и самовосстановления*, в долгосрочной перспективе станут неотъемлемой частью окружающей человека среды. Самореплицирующаяся структура может производить собственные копии, эквивалентные ей по функциональным свойствам. Одним из перспективных направлений исследований в



данной сфере на макроуровне является технология послойной (аддитивной) 3D-печати. Для восстановления защитных покрытий и электронных схем разрабатываются полимерные капсулы с углеродными нанотрубками, которые позволяют реконструировать пленочные конструкции или токопроводящие мосты в случае нарушения их целостности. На микроуровне создание технологий и устройств, способных к саморепликации, репликации внешних объектов и самовосстановлению, будет неразрывно связано с прорывными достижениями в области нанотехнологий, причем наибольшее влияние в этом плане окажет развитие технологий молекулярной самосборки.

Сегодня за рубежом наблюдается бурное развитие исследований в области создания *антропоморфных роботов, свободно взаимодействующих с людьми*. В новейших разработках такие роботы оснащаются системой управления, включающей ряд ключевых подсистем: технического зрения; голосового управления; голосовых сообщений; тактильного очувствления; пространственной ориентации; управления походкой и устойчивостью; управления поведением. Возможности антропоморфных роботов определяются их конструкцией и системой управления. В основном конструкции предполагают композиционные металлополимерные схемы с электромеханическими приводами обеспечения подвижности. Существующие системы управления построены на бортовых вычислительных комплексах, включающих универсальные центральные процессоры и периферийные микроконтроллеры, а их перспективные варианты – в виде искусственной нервной системы – будут сформированы на базе когнитивного подхода и комбинированной технологии, предусматривающей применение нейрологических средств, техники слияния сенсорной информации, интеллектуального управления поведением и исполнением действий. В дальнейшем решающее значение для робототехники (в частности, для создания антропоморфных роботов) приобретут прорывные исследования в области моделирования функционирования высшей нервной системы человека, динамики его системы ценностей, психологических и ментальных установок с учетом внешних и внутренних факторов.

Сохранение темпов роста сектора ИКТ в глобальном масштабе требует непрерывного увеличения производительности вычислительной техники. В настоящее время технологический процесс изготовления полупроводниковых изделий и материалов подошел к атомарному порогу, на котором действуют принцип запрета Паули, принцип неопределенности Гейзенберга и другие фундаментальные положения квантовой физики, ограничивающие возможности управления элементарными частицами. Чтобы избежать обвала рынков ИКТ в результате замедления развития аппаратной составляющей, который повлечет за собой негативные эффекты для всей мировой экономики, требуется обеспечить своевременный выход на стадию промышленного освоения новых *технологий и принципов создания компонентной базы*. Приоритеты исследований в данном контексте должны быть сфокусированы на сферах нанотехнологий (электроника на основе графенов, фуллеренов и др.), фотоники и мемристорной техники.

Для продуктов, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков в долгосрочном периоде, выявлены ведущие научно-исследовательские центры, где активно проводятся работы в рассматриваемом направлении. В первую очередь это организации США, стран ЕС, Китая, Японии и Тайваня. В России есть отдельные конкурентоспособные коллективы, которые могут на равных сотрудничать с признанными лидерами (в частности, по тематике адаптивных инфраструктур). Высокую оценку международного научного сообщества получили исследования российских ученых в области теории управления большими энергетическими системами и кибернетики энергосистем. В сфере статистического моделирования, текстового анализа, анализа ожиданий отечественные разработки соответствуют



мировому уровню. Имеются центры компетенций по проблемам применения ИКТ в области медицины и здравоохранения; накоплены заделы в разработке аналитических систем нового поколения применительно к задачам здравоохранения и фармацевтики, технологий анализа и обработки текстов на естественном языке в сочетании с базами клинических знаний, включающими геномные данные; активно развивается ИКТ-инфраструктура лечебных учреждений.

# 3 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**П**оявление описанных выше инновационных продуктов требует создания соответствующих научно-технологических заделов. Эксперты отметили семь наиболее приоритетных для России тематических областей прикладных исследований на период до 2030 г. (рис. 4).

Среди важнейших научно-технических результатов, которые могут быть получены в этот период, – прототипы систем, реализующих новые принципы организации вычислений, и мультязычных программ извлечения и формализации знаний; технологии обработки информации для решения проблем сверхбольших массивов данных (big data); новые аналитические инструменты (next-generation business intelligence), включая персональные системы, средства обработки данных, поступающих в режиме реального времени, мобильной аналитики и др.

**Рис. 4. Тематические области приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии»**





Самые высокие темпы роста рынков применения указанных научно-технологических достижений будут наблюдаться в здравоохранении, энергетике, машиностроении и на транспорте, а также в сфере персонального потребления ИКТ-продуктов и услуг. В среднесрочной перспективе, по оценкам, ожидаются широкомасштабное внедрение электронных паспортов здоровья, развитие распределенных сетей телемедицинских центров, разработка национальной системы контроля качества и безопасности лекарственных средств и медицинских услуг. К 2025 г. получают массовое распространение медицинские микроустройства, встраиваемые в тело человека и обеспечивающие поддержание его жизненно важных функций; технологии обмена унифицированной информацией между транспортными средствами; методы повсеместного позиционирования и идентификации объектов в концепции «Интернет вещей»; перспективные платформы сбора, обобщения и представления контента и знаний. Прогнозируется возможность интеграции встраиваемых цифровых устройств в продукты машиностроения, развитие технологий программирования для встраиваемых систем.

Эволюция облачных вычислений, создание новых архитектур и принципов организации вычислений приведут к трансформации программного обеспечения и внедрению инновационных ИТ-решений в бизнес-стратегии предприятий всех секторов экономики. Колоссальный рост объемов информации, доступной для анализа, создает основу для радикального повышения эффективности управленческих решений, в том числе в сегменте аналитических бизнес-приложений.

Несмотря на наличие определенных достижений в российской науке, компетенции отечественных разработчиков охватывают далеко не все направления прикладных исследований, требуемых для занятия значимых позиций на перспективных рынках. К наиболее развитым областям относятся новые технологии передачи информации, организации сетей, распространения контента. Однако по таким направлениям, как технологии автоматизированного проектирования элементной базы, новые технологии работы с мультимедийной информацией, уровень российских исследований высокой оценки не получил.

### 3.1. Компьютерные архитектуры и системы

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- прототипы систем, реализующих новые принципы организации вычислений;
- прототипы элементов вычислительных систем, реализующих перспективные принципы сопряжения, хранения и информационного обмена;
- исследовательские модели и прототипы компонентов вычислительных архитектур, построенных на новых парадигмах, в том числе нейро-, био-, оптических, квантовых, системы самосинхронизации, рекуррентности.

**Табл. 2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Компьютерные архитектуры и системы»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Эксафлопсные суперЭВМ		<p>Разработка высокопроизводительных и распределенных ИКТ (экса- и зеттафлопсных, серверных и персональных петафлопсных суперЭВМ, параллельных вычислений)</p> <p>Создание многоядерных вычислительных установок на базе стандартных универсальных микропроцессоров</p>





(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка перспективной коммуникационной инфраструктуры суперкомпьютеров, включая аппаратную поддержку новых парадигм организации параллельного счета</p> <p>Создание энергоэффективных вычислительных установок, технологий низкого энергопотребления и «интеллектуального» управления энергопотреблением</p> <p>Создание перспективных технологий хранения данных в составе суперкомпьютерных комплексов: методов сопряжения хранилищ с вычислителем, новых подходов к организации хранения данных, совмещения хранения с частичной обработкой, технологий повышения емкости, производительности и энергоэффективности хранилищ</p> <p>Разработка систем мониторинга и управления ресурсами суперкомпьютеров</p> <p>Разработка вспомогательной инфраструктуры систем сверхбольшого масштаба: охлаждения, электропитания, пожарной безопасности, эргономики</p>
Вычислительные алгоритмы и программное обеспечение для систем сверхвысокой производительности		<p>Создание систем автоматизации параллельного программирования для различных вычислительных архитектур</p> <p>Создание систем и языков программирования, систем автоматизации построения приложений для нетрадиционных (гибридных) архитектур</p> <p>Разработка средств программирования вычислений в процессе передачи информации</p>
Распределенные системы и архитектуры		<p>Разработка методов и технологий распределенных вычислений (в том числе с поддержкой grid-технологий, метакомпьютинга, сетевых вычислительных сервисов и технологий облачных вычислений)</p> <p>Создание архитектур распределенных хранилищ данных с бессрочным хранением и защищенным контролем доступа</p> <p>Разработка новых технологий регистрации, авторизации и аутентификации пользователей, сервисов и ресурсов в распределенных компьютерных системах</p> <p>Создание новых сетевых архитектур (сетей, формируемых по запросам; сети сетей; программно-конфигурируемых сетей и др.)</p> <p>Создание вычислительных систем, построенных за счет сетевого объединения ресурсов территориально разнесенных вычислительных установок: вычислительных ресурсов, объемов хранилищ, коллекций данных, канальных емкостей и др.</p> <p>Использование сетей персональных компьютерных устройств для распределенной обработки данных</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые архитектуры серверных и персональных компьютерных устройств		<p>Создание вычислительных установок с использованием нестандартных устройств обработки данных и ускорителей</p> <p>Разработка технологий низкого энергопотребления и «интеллектуального» управления энергопотреблением для серверов и персональных компьютеров</p> <p>Разработка технологий автономного электропитания мобильных устройств с высокой энергоемкостью</p> <p>Разработка технологий бесконтактного электропитания (подзарядки) мобильных устройств</p>
Новые парадигмы организации и реализации вычислительных процессов, новые технологии создания компьютерных устройств		<p>Организация мультитредовых вычислений</p> <p>Организация вычислений, управляемых потоками данных (dataflow computations)</p> <p>Разработка технологий повсеместных (ubiquitous) вычислений</p> <p>Разработка архитектур категории «процессор в памяти» (processor-in-memory)</p> <p>Разработка технологий гибридных комплексов обработки данных с использованием узлов и систем, построенных на различных физических принципах</p> <p>Создание перспективных устройств на базе квантовых, нейронных и биовычислений</p> <p>Создание оптических процессоров и систем</p>

## 3.2. Телекоммуникационные технологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- прототипы сетей и элементов коммуникационных инфраструктур с терабитовыми скоростями передачи информации;
- прототипы сетей, реализующих новые принципы организации, в том числе когнитивных, гибридных, адаптивных реконфигурируемых, гетерогенных;
- прототипы систем с гарантированным динамическим выделением ресурса;
- прототипы исследовательских сетей нового поколения, обеспечивающих передачу больших объемов данных, получаемых в результате научных экспериментов, распределенную обработку научной информации, совместную работу распределенных научных групп.

**Табл. 3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Телекоммуникационные технологии»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые технологии передачи информации		<p>Исследование потенциальных возможностей оптических сетей и разработка технологий достижения терабитовых скоростей передачи информации</p> <p>Разработка технологий передачи информации и взаимодействия различных сетевых оптических устройств без преобразования сигналов в электрическую форму</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование и разработка методов и систем защиты оптических сетей</p> <p>Оценка пределов возможного использования выделенного спектра частот, адаптивного использования спектра; разработка новых протоколов маршрутизации в беспроводных сетях, учитывающих загрузку ее отдельных сегментов, а также энергетически эффективных систем беспроводного широкополосного доступа</p> <p>Исследование и разработка инновационных спутниковых технологий и методов передачи и обработки сигналов, обеспечивающих эффективное использование радиочастотного диапазона</p>
Новые технологии организации сетей		<p>Исследование и разработка технологий программируемых сетей (session description protocol), сервис-ориентированных сетей (service-oriented architecture), IP-мультимедиа-сетей (IP multimedia subsystem)</p> <p>Исследование процессов самоорганизации в компьютерных сетях, когнитивных компьютерных сетей, адаптивного взаимодействия гетерогенных сетей</p> <p>Разработка методов моделирования сложных телекоммуникационных сетей и систем, учитывающих различные аспекты динамики, масштабируемости, топологии и гетерогенности</p> <p>Разработка методов создания многоканальных mesh-сетей с поддержкой гарантированного качества услуг</p>
Новые технологии распространения контента		<p>Создание систем и распределенных сетей доставки информации, разработка контент-ориентированных сетевых архитектур</p> <p>Разработка перспективных систем цифрового вещания: 3D-телевидения, интерактивного телевидения, видеоинформационных интерактивных и интегрированных мультимедийных систем, индивидуализации контента в широкоэмительных сетях</p> <p>Разработка систем гарантированной доставки контента при динамическом изменении расположения пользователей, инфраструктуры сети, сетевых задержек и т.д.</p>
Новые технологии распространения контента		<p>Создание перспективных интерфейсов между человеком и ИКТ: управление жестами, мимикой, «умная» одежда, мозг-машинные интерфейсы и др.</p> <p>Исследования в области технологий и приложений виртуальной реальности</p>

### 3.3. Технологии обработки и анализа информации

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- прототипы мультязычных программных систем извлечения и формализации знаний из неструктурированной и слабоструктурированной информации, а также перспективных средств хранения и анализа знаний;
- прототипы программных средств и систем семантического анализа и смыслового машинного перевода информации, представленной на естественных языках;



- прототипы, основанные на новых принципах программных систем обработки, поиска, анализа и визуализации, в том числе программные системы принятия решений и идентификации ситуаций на основе сверхбольших массивов и потоков данных;
- прототипы программных систем анализа сложных трехмерных сцен по изображениям и видеоряду в режиме реального времени;
- исследовательские модели и прототипы программных систем хранения, обработки и анализа сверхбольших мультикомпонентных потоков информации, в том числе медиаинформации.

**Табл. 4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Технологии обработки и анализа информации»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Методы и технологии сбора, обработки, анализа и хранения сверхбольших объемов информации</p>		<p>Разработка новых методов ведения и интеграции электронных информационных ресурсов, электронных библиотек и архивов</p> <p>Управление экстремальными потоками информации</p> <p>Разработка технологий сбора информации в естественной среде, перспективных сенсорных сетей и систем мониторинга, IoT</p> <p>Разработка перспективных технологий сбора, трансформации, анализа и визуализации сверхбольших массивов неструктурированных и слабоструктурированных данных</p> <p>Расширение реляционных и объектных СУБД и создание новых СУБД для масштабируемого хранения научных данных</p> <p>Создание масштабируемых средств статистического анализа и обработки данных, разработка масштабируемых алгоритмов и программ для работы с многопараметрическими, многомерными, иерархическими и многомасштабными сверхбольшими наборами данных</p> <p>Создание новых средств и протоколов управления вводом-выводом, выборкой данных и выполнения запросов для прозрачного взаимодействия с глобальными системами хранения данных, средств глобального (wide area) доступа, перемещения и запросов данных</p> <p>Создание российских сегментов связанных открытых данных (linked open data) для различных предметных областей</p>
<p>Новые технологии работы с мультимедийной информацией</p>		<p>Технологии распознавания и синтеза речи, изображений, видеoinформации, машинного перевода текстов и речи</p> <p>Исследования в области создания эффективных форм представления информации, контента и знаний (объемное и ультравысокой четкости (ultra high-definition) изображение, виртуальная и дополненная реальность, виртуальное погружение, мультимедиа, инфографика, цифровая голография)</p> <p>Разработка технологии трехмерной визуализации (объемный «экран»), трехмерных браузеров</p>
<p>Новые технологии работы с текстовой и слабоструктурированной информацией</p>		<p>Формирование электронных словарей, поисковых систем (в том числе поисковых машин Интернет), систем автоматизированного аннотирования и реферирования текстов, фильтрации контента</p> <p>Разработка семантических технологий, автоматизированный анализ текстовых документов на естественном языке для построения базы знаний, извлекаемых из веб-ресурсов</p> <p>Создание моделей и технологий машинного перевода на основе метода дистрибутивной семантики</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Решение проблем совместимости контента в гетерогенных сетях, обеспечение семантической интероперабельности информационных систем и сервисов</p> <p>Разработка технологий формализации и извлечения знаний из неструктурированной и слабоструктурированной информации, формирование совместно используемых онтологий и баз знаний</p> <p>Разработка технологий отбора и агрегирования информации из распределенных источников в соответствии с индивидуальными предпочтениями</p> <p>Разработка технологий конструирования глобальных систем интеграции информации</p>
Перспективные веб-технологии и системы		<p>Моделирование развития «цифровой вселенной»</p> <p>Разработка методов структурирования новостных потоков в социальных сетях</p> <p>Разработка методов выявления сообществ в социальных сетях и связей между ними</p> <p>Формирование IoT, включая сенсорные сети на его низовых уровнях с применением датчиков и исполнительных органов на новых физических принципах; повсеместное позиционирование и идентификация объектов в IoT; интерфейсы пользователей с объектами в IoT на основе новых когнитивных принципов</p> <p>Разработка технологий отбора и агрегирования информации из распределенных источников в соответствии с индивидуальными предпочтениями абонента</p> <p>Создание контекстно-ориентированных систем, использующих сведения о местоположении и профиле (социальном, эмоциональном, культурном и др.)</p>
Новые технологии анализа информации (next generation business intelligence, BI)		<p>Создание персонально проектируемого BI (self-service BI), повсеместного BI (pervasive BI)</p> <p>Разработка BI-приложений, выполняемых в оперативной памяти (in-memory analytics)</p> <p>Разработка BI на неструктурированной информации (тексты, речь, видео и др.)</p> <p>Создание BI-компонентов, реализуемых в составе СУБД</p> <p>Создание BI-систем, реализуемых в среде облачных вычислений (BI cloud solutions)</p> <p>Разработка BI-приложений для сверхбольших данных (large data volumes BI)</p> <p>Разработка мобильного BI (mobile BI)</p> <p>Разработка BI-приложений с открытым кодом (open source BI)</p> <p>Разработка BI-решений, основанных на поиске (search-based BI)</p> <p>Создание коллаборативных BI-систем (collaboration BI and decision making)</p> <p>Разработка BI в области информационной безопасности (cyber analytics)</p>



### 3.4. Элементная база и электронные устройства, робототехника

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- исследовательские и опытные образцы сложнофункциональных блоков интегральных схем с учетом качественно новых эффектов, в том числе взаимного влияния элементов и подложки;
- опытные образцы микропроцессоров и коммуникационных сверхбольших интегральных схем на основе самосинхронной логики с локально-асинхронными механизмами самоконтроля и парирования ошибок;
- прототипы элементной базы на основе квантовых эффектов, одноэлектроники, спинтроники и фотоники;
- прототипы биоподобных и антропоморфных робототехнических устройств, самообучающихся роботов, искусственных нервных систем роботов, систем группового управления роботами.

**Табл. 5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Элементная база и электронные устройства, робототехника»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии автоматизированного проектирования элементной базы		<p>Разработка математических, логических, схемотехнических, топологических и других формальных моделей приборов, библиотечных элементов и сложнофункциональных блоков интегральных схем с транзисторами нанометрового размера с учетом возрастающего взаимного влияния элементов, влияния подложки, температурных и электромагнитных полей</p> <p>Развитие средств моделирования для обеспечения автоматизированного проектирования цифровых, аналоговых, смешанных и радиотехнических СБИС с нанометровыми проектными нормами</p> <p>Исследование доминирующего влияния межсоединений на быстродействие СБИС с малыми геометрическими размерами, включая новые технологические решения проектирования межсоединений, в том числе трехмерную интеграцию и оптические межсоединения</p> <p>Разработка алгоритмов и методов синтеза и оптимизации схемных решений с учетом топологической и технологической реализации</p> <p>Обеспечение помехоустойчивости цифровых и аналого-цифровых интегральных схем</p> <p>Интеграция средств моделирования тестовых последовательностей и средств ускоренного статического анализа быстродействия, шумов, токов потребления на основе использования методов интервального моделирования на логическом и схемотехническом уровнях</p>
Использование новой элементной базы для создания перспективных ИКТ		<p>Создание квантового компьютера, разработка элементной базы и алгоритмов управления отдельными элементами для вычислений на основе квантового формализма</p> <p>Создание устройств на основе одноэлектроники, спинтроники и эффектов квантования магнитного момента</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Технологии создания сложных функциональных блоков для элементной базы</p>		<p>Разработка элементной базы на основе нанофотоники, в которой передача информации и энергии осуществлялась бы отдельными фотонами</p> <p>Обеспечение сопряжения традиционных КМОП-приборов с альтернативными методами хранения и передачи информации (на основе нанопроводников, нанотрубок, мемристоров, на базе квантовых эффектов и др.)</p> <p>Исследование свойств перспективной элементной базы на основе изучения электронно-дырочной плазмы основных элементов: транзисторов, диодов</p> <p>Развитие принципов проектирования гетерогенных интегральных схем с микромеханическими, оптоэлектронными, магниточувствительными сложно-функциональными блоками</p>
		<p>Разработка производительных методов характеристики сложно-функциональных блоков с учетом вариаций технологических параметров</p> <p>Разработка параметризованных сложнофункциональных блоков, обеспечивающих эффективную адаптацию к различным архитектурам систем на кристалле</p> <p>Разработка методов и аппаратных решений для прецизионного измерения временных параметров запоминающих устройств, встраиваемых в системы на кристалле</p> <p>Выбор технологической базы для разработки прецизионных высокоскоростных аналого-цифровых устройств</p> <p>Разработка архитектуры ЦАП и АЦП, учитывающей особенности технологической базы и содержащей устройства автокалибровки и автоподстройки, системы синхронизации с минимальной временной нестабильностью</p> <p>Разработка перспективных технологий интеграции аналого-цифровых устройств в системы на кристалле, включая методы монтажа кристалла в корпусе, минимизирующие влияние процесса корпусирования на параметры аналого-цифровых устройств</p> <p>Разработка перспективных методов измерения характеристик прецизионных высокоскоростных ЦАП и АЦП</p>
<p>Робототехника</p>		<p>Исследование целенаправленного поведения интеллектуальных роботов и коллективов роботов, в том числе на основе бионических принципов</p> <p>Исследование моделей принятия решений и управления в биологических структурах</p> <p>Разработка методов построения и функционирования искусственных нервных систем роботов</p> <p>Разработка методов и систем распознавания образов и трехмерных сцен</p> <p>Разработка технологий создания биоподобных и антропоморфных робототехнических устройств и систем</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка математического и программного обеспечения проблемно-ориентированных информационно-управляющих систем интеллектуальных роботов различных типов (микророботов, бытовых роботов, беспилотных летательных аппаратов, необитаемых подводных аппаратов и т.д.)</p> <p>Разработка бесконтактной безмаркерной технологии распознавания жестов и движений для дистанционного управления робототехническими устройствами</p>

### 3.5. Элементная база и электронные устройства, робототехника

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- прототипы программных систем предсказательного моделирования сложных систем (технических, социально-экономических, политических, транспортных и др.) и свойств физических, химических, биологических и других объектов с выходом на уровень предсказательной точности и сложности, недостижимый в настоящее время;
- прототипы программных систем, реализующих новые модели процессов в природе, обществе, гуманитарной сфере, киберпространстве и других областях;
- прототипы программных систем автоматизированного управления большими системами (социально-экономическими, техническими, транспортными и т.д.) на основе новых принципов, моделей и процессов управления;
- прототипы программных систем, в которых реализуются гибридные модели когнитивных механизмов и речемыслительной деятельности человека, технологии моделирования человеческого интеллекта;
- исследовательские модели и прототипы устройств с новыми принципами организации взаимодействия «человек – компьютер».

**Табл. 6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Элементная база и электронные устройства, робототехника»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Моделирование сложных систем и процессов		<p>Формирование математических, логических, семиотических, лингвистических и других формально-языковых моделей сложных систем и процессов</p> <p>Разработка методов предсказательного моделирования сложных технических систем, физических, химических, биологических, экономических, геологических, климатических, социальных и других процессов</p> <p>Формирование моделей и прототипов систем прогнозирования в различных областях (экономике, метеорологии, сейсмологии, геологии, для прогнозирования техногенных катастроф, социальных явлений, эпидемий и пр.), на основе интеллектуальной обработки данных, поступающих в режиме реального времени</p>





(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений		<p>Разработка методов и средств высокоточной навигации</p> <p>Разработка методов интеллектуальной обработки информации и поддержки принятия решений</p> <p>Разработка технологий моделирования человеческого интеллекта, обеспечивающих автоматизированное принятие сложных решений</p> <p>Исследование моделей принятия решений в биологических структурах (нейроморфные вычисления)</p> <p>Создание перспективных сенсорных сетей, систем «умный дом», «умное предприятие», «умные энергосети», «умный город» и др.</p> <p>Исследование базирующихся на ИКТ средств поддержки качества жизни пожилого населения и лиц с ограниченными возможностями</p> <p>Исследования в области применения информационных технологий для снижения выброса парниковых газов (эквивалентов) отраслевыми производствами</p> <p>Разработка технологий инфраструктурного обеспечения функционирования предметно-ориентированных ИКТ научных мегапроектов</p> <p>Разработка предметно-ориентированных ИКТ: электронного правительства (e-government), электронной медицины (e-health), электронного банкинга (e-banking), электронного образования (e-learning)</p> <p>Создание единой управляющей среды и единого информационного пространства транспортной инфраструктуры (среды обмена унифицированной информацией между транспортными средствами)</p> <p>Исследования в области медицинских микроустройств, встраиваемых в тело человека и обеспечивающих контроль состояния здоровья и поддержание жизненно важных функций</p> <p>Создание виртуальных офисов без снижения эффективности коллективной деятельности компаний, предприятий</p> <p>Разработка технологий, обеспечивающих массовое распространение удаленного и распределенного режима работы сотрудников</p>
Средства проектирования и поддержки функционирования ИКТ		<p>Создание систем и средств идентификации технических и информационных объектов в процессе их жизненного цикла</p> <p>Разработка методов и средств автоматической верификации прикладного программного обеспечения</p> <p>Разработка методов и средств автоматизации проектирования сложных ИКТ</p>

### 3.6. Информационная безопасность

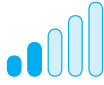

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- прототипы средств защиты компьютерных инфраструктур на основе принципиально новых парадигм, в том числе квантовой криптографии и компьютеринга, нейрокогнитивных принципов;



- прототипы перспективных средств и программных систем защиты данных с учетом новых принципов организации информации и взаимодействия информационных объектов, в том числе глобальной интеграции информационных систем, повсеместного доступа к приложениям, новых протоколов Интернета, виртуализации, социальных сетей, данных мобильных устройств и геолокации;
- прототипы, основанные на новых принципах программных систем биометрической идентификации, обработки, интеграции и анализа мультимодальных биометрических данных, в том числе в целях их использования в новых областях (социальный веб; приложения, использующие геоконтекст; обеспечение сохранности имущества; игры и др.).

**Табл. 7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Информационная безопасность»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Технологии надежной идентификации и аутентификации в ИКТ		<p>Исследование проблем строгой аутентификации и доверенной загрузки в ИКТ с помощью криптографических преобразований, в том числе с учетом использования технологий квантовой криптографии</p> <p>Создание систем управления идентификационной информацией при ее распределенной обработке в корпоративных и публичных сетях</p> <p>Разработка технологий аутентификации и разграничения доступа на базе глобальных систем идентификации</p>
Надежные и доверенные архитектуры, протоколы, модели		<p>Создание защищенных линий связи нового поколения, основанных на квантовых эффектах кодирования и передачи информации, а также элементной базы для таких линий</p> <p>Исследование проблем и создание моделей обеспечения безопасности в системах распределенной обработки данных, в том числе при реализации grid-вычислений и виртуализации предоставления ресурсов по типу облачных вычислений</p> <p>Построение безопасных информационных систем с использованием недоверенных программных и аппаратных компонентов</p> <p>Разработка доверенных ИКТ на базе аналитических и имитационных моделей (архитектура, перспективные технические решения, регламенты и протоколы функционирования)</p> <p>Формирование моделей интеграции средств защиты информации, базовых компонентов (специализированных и наложенных) при проектировании ИКТ, целевой настройки в соответствии с политикой информационной безопасности</p> <p>Разработка методов повышения надежности, живучести и катастрофоустойчивости ИКТ</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Технологии обеспечения защиты персональных данных		<p>Обобщение отечественной и международной нормативно-прикладных практик в области системных ситуаций и уязвимости в ИКТ различного класса и назначения (вида) при защите персональных данных</p> <p>Классификация контента информационных ресурсов по признакам включения персональных данных, соотнесение его классов с видами ИКТ, выработка метрики уровней защиты персональных данных при этих соотношениях и методик их оценки</p> <p>Разработка технологий защиты персональных данных в больших информационных массивах</p> <p>Разработка технологий, ориентированных на конфиденциальность пользователя (user-centric privacy)</p> <p>Разработка технологий создания доверенных архитектур, протоколов, моделей</p> <p>Разработка технологий защиты персональных данных в системах распределенной обработки информации</p>
Методы и средства биометрической идентификации личности		<p>Применение комплексных подходов к объединению различных биометрических характеристик для повышения надежности биометрической идентификации личности</p> <p>Создание адекватных моделей образов биометрических характеристик и построение эффективных алгоритмов поиска в биометрических массивах данных</p> <p>Разработка алгоритма и технических решений с высоким уровнем эффективности идентификационного распознавания, экономичности и комфортности использования в информационных технологиях</p>
Противодействие новым вызовам информационной войны и киберпреступности в ИКТ		<p>Формирование банка системных ситуаций по новым направлениям вызовов информационной войны и киберпреступности в среде современных и развивающихся ИКТ, их характеристическая факторизация в части противодействия</p> <p>Разработка технологий противодействия атакам в виртуальных компьютерных сетях типа Botnet</p> <p>Разработка интеллектуальных технологий защиты информации нового класса, обладающих свойством адаптивной подстройки под изменяющиеся механизмы проявления кибератак</p> <p>Разработка новых технологий мониторинга реального уровня защищенности критически важных информационных сегментов ИКТ в условиях проявления кибервоздействий</p> <p>Разработка технологий интеллектуальной фильтрации веб-контента и доступа к нему</p> <p>Использование публичных сетей для скрытой передачи данных</p>



### 3.7. Алгоритмы и программное обеспечение

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные языки и прототипы систем программирования, реализующие новые и объединяющие существующие парадигмы, в том числе объектно-ориентированные, функциональные, логические, языки спецификаций, «программирование без программиста», предметно-ориентированные, программирование на естественном языке, с поддержкой доказуемости различных свойств программ;
- прототипы компонентов перспективного системного программного обеспечения, в том числе обеспечивающие повышение производительности обработки информации, достоверное доказательство выполнения требований, поддержку перспективных архитектур и др.;
- исследовательские модели и алгоритмы, адаптируемые к вычислительным системам нового поколения;
- прототипы программных систем, реализующих новые модели организации параллельных вычислений;
- прототипы программных систем, реализующих новые принципы распределенных вычислений на базе сети компьютеров и мобильных устройств частных владельцев;
- прототипы программных и операционных систем с локально-асинхронными механизмами самоконтроля и парирования ошибок;
- исследовательские модели и прототипы автоматизированных и автоматических систем анализа программ (включая доказательство их различных свойств) и преобразования программ (включая оптимизацию по различным критериям, распараллеливание, инверсию, композицию и вывод новых программ из существующих);
- исследовательские модели и прототипы программных систем машинного обучения, основанных на новых методах и алгоритмах, в том числе обработки сверхбольших и разрозненных источников информации.

**Табл. 8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Алгоритмы и программное обеспечение»**

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные парадигмы и технологии программирования, языки и системы		<p>Создание языков высокого уровня для программирования на вычислительных системах новых архитектур</p> <p>Создание систем автоматизации программирования, облегчающих анализ программного комплекса, помогающих выполнить преобразования программ, необходимых для их эффективной работы, в первую очередь на параллельных ЭВМ новых архитектур</p> <p>Разработка языков программирования сверхвысокого уровня, реализующих новые и объединяющих существующие парадигмы и языки (объектно-ориентированные, функциональные, логические, языки спецификаций и др.)</p> <p>Разработка методов анализа и преобразования формально-языковых моделей, в том числе программ (оптимизация, специализация, распараллеливание, верификация, отображение программ из одной парадигмы в другую и т.д.)</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание человеко-машинных систем анализа и преобразований программ и формально-языковых моделей, интегрированных систем надежного, доказуемо корректного программирования</p> <p>Создание систем и языков программирования для нетрадиционных архитектур (в том числе программируемых логических интегральных схем, графических ускорителей, вычислений, управляемых потоками данных)</p>
<p>Перспективные технологии и решения для операционных систем, СУБД и программного обеспечения промежуточного слоя</p>		<p>Разработка технологий обеспечения надежности, безопасности и эффективности операционных систем для серверных, десктопных, мобильных и встроенных систем</p> <p>Построение ядер операционных систем, надежных и устойчивых к вредным воздействиям, с обеспечением достоверного доказательства выполнения требований информационной безопасности</p> <p>Виртуализация аппаратного обеспечения и программного обеспечения нижнего уровня</p> <p>Анализ и трансформация больших массивов данных</p> <p>Развитие модульных средств верификации и анализа широкомасштабных компонентных систем на базе формализации семантики компонентов</p> <p>Интеграция всех основных функций безопасности в базовые службы компонентных сред</p> <p>Развитие технологий построения масштабируемых систем при помощи методов распараллеливания, моделирования, анализа и верификации</p> <p>Разработка эффективных технологий автоматизации программирования, включая новые подходы к «программированию без программиста», предметно-ориентированным языкам и системам программирования, близким к естественному языку</p>
<p>Когнитивные технологии</p>		<p>Исследование и когнитивное моделирование интеллекта</p> <p>Разработка бионических принципов, методов и моделей в информационных технологиях</p> <p>Разработка ИКТ с коллективным интеллектом</p> <p>Разработка технологий моделирования человеческого интеллекта, обеспечивающих автоматизированное принятие сложных решений</p> <p>Исследования в области персонализированных интерфейсов, связанные с органами чувств человека</p>

## Список литературы

*Апокин А.Ю., Белоусов Д.Р.* (2009) Сценарии развития мировой и российской экономики как основа для научно-технологического прогнозирования // Форсайт. Т. 3. № 3. С. 12–29.

*Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А.* (2009) Нанoeлектроника. М.: Бином.

*Ван Рай В.* (2012) Зарождающиеся тенденции и «джокеры» как инструменты формирования и изменения будущего // Форсайт. Т. 6. № 1. С. 60–73.

*Гиглавый А.В., Соколов А.В., Абдрахманова Г.И., Чулок А.А., Буров В.В.* (2013) Долгосрочные тренды развития сектора информационных и коммуникационных технологий // Форсайт. Т. 7. № 3. С. 6–24.

*Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е.* (2011) Стратегия-2020. Новые контуры российской инновационной политики // Форсайт. Т. 5. № 4. С. 8–31.

*Кристенсен К.* (2004) Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Альпина Паблишер.

*Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руеда Ф.* (2009) Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: Техносфера.

Межведомственный аналитический центр (2010) Проблемы и перспективы развития отечественного информационного сектора. <http://www.iacenter.ru/publication-files/110/91.pdf?1.0%20Mb> (дата обращения: 25.03.2014).

Минобрнауки России (2008a) Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года).

Минобрнауки России (2008b) Разработка прогноза долгосрочного научно-технологического развития ключевых секторов российской экономики на период до 2030 года.

НИУ ВШЭ (2013) Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России. М.: НИУ ВШЭ.

*Перес К.* (2011) Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. М.: Дело.

Перечень критических технологий Российской Федерации. Утвержден Указом Президента Российской Федерации от 7.07.2011 г. № 899.

Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию (2012) Официальный сайт Администрации Президента Российской Федерации. 12 декабря. <http://kremlin.ru/news/17118> (дата обращения: 03.02.2014).



Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 7.07.2011 г. № 899.

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Утвержден Председателем Правительства Российской Федерации (№ ДМ-П8-5 от 3 января 2014 г.).

*Рахман Ф.* (2010) Наноструктуры в электронике и фотонике. М.: Техносфера.

Совещание с вице-премьерами: о прогнозе научно-технологического развития России на период до 2030 года; о кредитных рейтингах регионов (2014) Официальный сайт Правительства Российской Федерации. 20 января. [http://government.ru/vice\\_news/9809](http://government.ru/vice_news/9809) (дата обращения: 04.02.2014).

*Соколов А.В.* (2007) Метод критических технологий // Форсайт. Т. 1. № 4. С. 64–74.

*Соколов А.В.* (2009) Будущее науки и технологий: результаты исследования Дельфи // Форсайт. Т. 3. № 3. С. 40–58.

*Соколов А.В., Чулок А.А.* (2012) Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты // Форсайт. Т. 6. № 1. С. 12–25.

*Чулок А.А.* (2009) Прогноз перспектив научно-технологического развития ключевых секторов российской экономики: будущие задачи // Форсайт. Т. 3 № 3. С. 30–36.

*Эванс Д.* (2012) Сетевой эффект. [http://reformclub.ua/api/Dave%20Evans\\_rus.pdf](http://reformclub.ua/api/Dave%20Evans_rus.pdf) (дата обращения: 30.04.2014).

*Ahlqvist T., Carlsen H., Iversen J.S., Kristiansen E.* (2007) Nordic ICT Foresight: Futures of the ICT environments and applications in the Nordic level. Systematic research report. VTT Publications 653. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P653.pdf> (дата обращения: 25.03.2014).

*Amanatidou E.* (2011) Grand challenges – a new framework for foresight evaluation. EU-SPRI conference papers. Manchester. 20–22 September.

Battelle (2011) 2012 Global R&D Funding Forecast. [http://battelle.org/docs/default-document-library/2012\\_global\\_forecast.pdf](http://battelle.org/docs/default-document-library/2012_global_forecast.pdf) (дата обращения: 25.03.2014).

*Cagnin C., Amanatidou E., Keenan M.* (2012) Orienting European Innovation Systems towards Grand Challenges and the Roles that FTA Can Play // Science and Public Policy. Vol. 39 (2). P. 140–152.

*Cieslikowski D.A., Halewood N.J., Kimura K., Qiang C.Z.-W.* (2009) Key Trends in ICT Development. Washington: World Bank. [http://siteresources.worldbank.org/EXTIC4D/Resources/5870635-1242066347456/IC4D\\_2009\\_Key\\_Trends\\_in\\_ICT\\_Development.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EXTIC4D/Resources/5870635-1242066347456/IC4D_2009_Key_Trends_in_ICT_Development.pdf) (дата обращения: 23.03.2014).

Cisco Systems (2013) Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018. San Jose: Cisco Systems. [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white\\_paper\\_c11-520862.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.pdf) (дата обращения: 26.03.2014).



COM-FSM (2012) Current and Future Trends in ICT (Information Communication Technology). [http://www.comfsm.fm/national/administration/VPA/researchdocs/techPlan/ED\\_Conf\\_TechTrends.pdf](http://www.comfsm.fm/national/administration/VPA/researchdocs/techPlan/ED_Conf_TechTrends.pdf) (дата обращения: 16.03.2014).

Deloitte (2012) Technology, Media & Telecommunications Predictions. [https://www.deloitte.com/assets/Dcom-Glob-al/Local%20Content/Articles/TMT/TMT%20Predictions%202012/16264A\\_TMT\\_Predict\\_sg6.pdf](https://www.deloitte.com/assets/Dcom-Glob-al/Local%20Content/Articles/TMT/TMT%20Predictions%202012/16264A_TMT_Predict_sg6.pdf) (дата обращения: 26.03.2014).

*Denef S., Kaptein N., Bayerl P.S., Birdi K. et al.* (2011) ICT Trends in European Policing. Composite Project. [http://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/composite\\_d41.pdf](http://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/composite_d41.pdf) (дата обращения: 26.03.2014).

Ernst&Young (2012) Smart Grid: a race worth winning? London: Ernst&Young.

European Commission (2008) Shaping the ICT research and innovation agenda for the next decade. [http://ec.europa.eu/information\\_society/tl/research/key\\_docs/documents/report\\_public\\_consultation.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/tl/research/key_docs/documents/report_public_consultation.pdf) (дата обращения: 19.03.2014).

European Commission (2009) The 2009 Ageing Report: Economic and budgetary projections for the EU-27 Member States (2008–2060). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

European Commission (2010a) European Forward Looking Activities. EU Research in Foresight and Forecast. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission (2010b) Facing the future: time for the EU to meet global challenges. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission (2011a) ICT Updated Work Programme 2011–2012. Cooperation. Theme 3. [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2011-12\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2011-12_en.pdf) (дата обращения: 16.03.2014).

European Commission (2011b) The ICT Landscape in BRICS Countries: Brazil, India, China. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Foresight Horizon Scanning Centre / Government Office for Science (2010) Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s. London. <http://www.bis.gov.uk/foresight> (дата обращения: 21.03.2014).

Fujitsu/Microsoft (2011) Key ICT Trends and Priorities // Insights Quarterly. Vol. 1. № 3.

Gartner (2006) Emerging Trends in ICT 2010–2015. Yeppoon, Queensland. [http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/IN7B0/1/material\\_docente/objeto/200134](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/IN7B0/1/material_docente/objeto/200134) (дата обращения: 19.03.2014).

Gartner (2012a) Hype Cycle for Big Data. <http://www.gartner.com/technology/research/big-data/> (дата обращения: 19.03.2014).

Gartner (2012b) Hype Cycle for the Internet of Things. <http://www.gartner.com/id=2096616> (дата обращения: 17.03.2014).

*Georghiou L., Cassingena Harper J., Keenan M., Miles I., Popper R.* (eds.) (2008) The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Cheltenham: Edward Elgar.





Griffith M., Wilding K. (2012) How ICT is shaping the future design and delivery of public services // NCVO Third Sector Foresight. London: National Council for Voluntary Organisations.

Haegeman K., Scapolo F., Ricci A., Marinelli E., Sokolov A. (2013) Quantitative and qualitative approaches in FTA: from combination to integration? // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 80. P. 386–397.

Harbor Research (2013) Smart Systems Manifesto: road map for the Internet of Things. How networked computing and the physical world are merging to transform civilization. Boulder: Harbor Research. [http://harborresearch.com/wp-content/uploads/2013/09/HRI\\_Paper\\_Smart-Sys-Manifesto.pdf](http://harborresearch.com/wp-content/uploads/2013/09/HRI_Paper_Smart-Sys-Manifesto.pdf) (дата обращения: 17.03.2014).

Hollow M. (2013) Confronting a new 'Era of Duplication'? 3D Printing, Replicating Technology, and the Search for Authenticity in *George O. Smith's Venus Equilateral Series*. [http://www.academia.edu/4071685/Confronting\\_a\\_new\\_Era\\_of\\_Duplication\\_3D\\_Printing\\_Replicating\\_Technology\\_and\\_the\\_Search\\_for\\_Authenticity\\_in\\_George\\_O.\\_Smiths\\_Venus\\_Equilateral\\_Series](http://www.academia.edu/4071685/Confronting_a_new_Era_of_Duplication_3D_Printing_Replicating_Technology_and_the_Search_for_Authenticity_in_George_O._Smiths_Venus_Equilateral_Series) (дата обращения: 25.03.2014).

IBM Institute for Business Value (2012) Connected generation: Perspectives from tomorrow's leaders in a digital world. Endicott: IBM. [http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?subtype=XB&infotype=PM&appname=GBSE\\_GB\\_TI\\_USEN&htmlfid=GBE03530USEN&attachment=GBE03530USEN.PDF](http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?subtype=XB&infotype=PM&appname=GBSE_GB_TI_USEN&htmlfid=GBE03530USEN&attachment=GBE03530USEN.PDF) (дата обращения: 26.03.2014).

IEEE (2013) IEEE Vision for Smart Grid Communications: 2030 and Beyond. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

ITU (2009) Distributed Computing: Utilities, Grids & Clouds. International Telecommunication Union. ITU-T Technology Watch Report 9. [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/23/01/T2301000090001PDFE.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T2301000090001PDFE.pdf) (дата обращения: 17.03.2014).

KISTEP (2012) 10 future technologies. Seoul: KISTEP.

McKinsey Global Institute (2010) The Internet of Things. McKinsey Quarterly. [http://www.mckinsey.com/insights/high\\_tech\\_telecoms\\_internet/the\\_internet\\_of\\_things](http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/the_internet_of_things) (дата обращения: 24.03.2014).

McKinsey Global Institute (2011) Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/big\\_data\\_the\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation) (дата обращения: 24.03.2014).

McKinsey Global Institute (2013a) Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. Chicago: McKinsey Global Institute. [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/disruptive\\_technologies](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies) (дата обращения: 24.03.2014).

McKinsey Global Institute (2013b) Ten IT-enabled business trends for the decade ahead. [http://www.mckinsey.com/insights/high\\_tech\\_telecoms\\_internet/ten\\_it-enabled\\_business\\_trends\\_for\\_the\\_decade\\_ahead](http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/ten_it-enabled_business_trends_for_the_decade_ahead) (дата обращения: 24.03.2014).

Medical Research Council (2012) A Strategy for UK Regenerative Medicine. <http://www.mrc.ac.uk/Utilities/Documentrecord/index.htm?d=MRC008534> (дата обращения: 25.03.2014).

Meissner D., Gokhberg L., Sokolov A. (eds.) (2013) Science, Technology and Innovation Policy for the Future. Potentials and Limits of Foresight Studies. New York, Dordrecht, London, Heidelberg: Springer.



- Murthy B.K.* (2010) Indian ICT Landscape and Road Map. Ministry of Communications and IT Government of India. <http://www.my-fire.eu/documents/11433/31625/Indian+ICT+landsca+re+and+roadmaps.pdf> (дата обращения: 18.01.2014).
- Naeher U., Suzuki S., Wiseman B.* (2012) The evolution of business models in a disrupted value chain. [http://www.mckinsey.com/client\\_service/semiconductors/latest\\_thinking/the\\_evolution\\_of\\_business\\_models\\_in\\_a\\_disrupted\\_value\\_chain](http://www.mckinsey.com/client_service/semiconductors/latest_thinking/the_evolution_of_business_models_in_a_disrupted_value_chain) (дата обращения: 24.03.2014).
- NIC (2012) Global Trends 2030: Alternative Worlds. December 2012. The National Intelligence Council.
- NISTEP (2005) The 8th Science and Technology Foresight Survey: Delphi Analysis. NISTEP report № 97. Tokyo: NISTEP.
- NISTEP (2010a) Contribution of Science and Technology to Future Society. Tokyo: NISTEP. [http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep140e/pdf/rep140e\\_overview.pdf](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep140e/pdf/rep140e_overview.pdf) (дата обращения: 28.02.2014).
- NISTEP (2010b) Future Scenarios Opened up by Science and Technology (Summary). Tokyo: NISTEP. <http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/676/1/NISTEP-NR141-Summary E.pdf> (дата обращения: 28.02.2014).
- NISTEP (2010c) The 9th Science and Technology Foresight – Contribution of Science and Technology to Future Society. NISTEP report № 140. Tokyo: NISTEP.
- OECD (2006) Infrastructure to 2030. Telecom, Land Transport, Water and Electricity. Paris: OECD. [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/infrastructure-to-2030\\_9789264023994-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/infrastructure-to-2030_9789264023994-en) (дата обращения: 20.03.2014).
- OECD (2011) OECD Reviews of Innovation Policy: Russian Federation. Paris: OECD.
- OECD (2012) European Network for the Research on the Economic Impact of ICT. Paris: OECD.
- OECD (2013a) New Sources of Growth: Knowledge-Based Capital Driving Investment and Productivity in the 21st Century. Paris: OECD.
- OECD (2013b) The Internet Economy on the Rise. Progress since the Seoul Declaration. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/internet/internet-economy-on-the-rise.htm> (дата обращения: 18.03.2014).
- PWC (2012) Technology Forecast 2012 // Quarterly Journal. Iss. 2. <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2012/issue2/download.jhtml> (дата обращения: 17.03.2014).
- RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020: In-Depth Analysis. Technical Report. Santa Monica, Arlington, Pittsburg: RAND Corporation.
- Sawyer M., Parsons M.* (2011) A Strategy for Research and Innovation through High Performance Computing. Edinburgh: The University of Edinburgh. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/computing/documents/planethpc-strategy.pdf> (дата обращения: 17.02.2014).
- Sokolova A., Makarova E.* (2013) Integrated Framework for Evaluation of National Foresight Studies // Science, Technology and Innovation Policy for the Future: Potentials and Limits of Foresight Studies / Eds. D. Meissner, L. Gokhberg, A. Sokolov. New York, Dordrecht, London, Heidelberg: Springer. P. 11–30.



The Economist Intelligence Unit (2012) Rise of the machines. Moving from hype to reality in the burgeoning market for machine-to-machine communication. <http://digitalresearch.eiu.com/m2m/report> (дата обращения: 22.03.2014).

The White House (2012) National Bioeconomy Blueprint. Washington.

UNIDO (2005) UNIDO Technology Foresight Manual. Vienna: UNIDO.

World Economic Forum (2011) The Global Information Technology Report 2010–2011.

**Прогноз научно-технологического  
развития России: 2030.  
Информационно-коммуникационные технологии**

Редактор *М.Ю. Соколова*

Художник *П.А. Шелегеда*

Компьютерный макет:

*О.Г. Егин, В.В. Пучков*

Подписано в печать 13.05.2014.

Формат 60×90  $\frac{1}{8}$ . Печ. л. 6.5.

Тираж 400 экз. Заказ № 373.

Отпечатано в ООО «Верже-РА»  
127055, Москва, Новослободская ул., 31, стр. 4–11

По вопросам приобретения книги обращаться  
в Институт статистических исследований  
и экономики знаний НИУ ВШЭ  
101000, Москва, Мясницкая ул., 20  
Тел.: 8 (495) 621-28-73, факс: 8 (495) 625-03-67  
<http://issek.hse.ru>  
E-mail: [issek@hse.ru](mailto:issek@hse.ru)