



Министерство образования и науки
Российской Федерации



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



ИСИЭЗ
Институт статистических исследований
и экономики знаний

Прогноз научно-технологического развития России

2030

Москва 2014

УДК 001.891

ББК 72в6

П78

Редакционная коллегия:

И.Р. Агамирзян, М.Я. Блинкин, Л.М. Гохберг (главный редактор), Н.С. Касимов, М.П. Кирпичников, Л.М. Огородова, С.П. Филиппов, А.Б. Ярославцев

Авторы:

Г.И. Абдрахманова, Н.Н. Алексеева, Д.Р. Белоусов, М.Я. Блинкин, В.В. Буров, Л.А. Вайсберг, К.О. Вишнеvский, А.В. Гиглавый, Л.М. Гохберг, А.Ю. Гребенюк, С.А. Добролюбов, М.Е. Дорошенко, О.В. Евсеев, О.В. Ена, П.А. Иосифов, И.П. Каминский, О.И. Карасев, Л.Н. Карлин, Н.С. Касимов, М.П. Кирпичников, Ю.В. Кистенев, Л.Ю. Матич, В.Р. Месропян, Л.М. Огородова, М.В. Патрушев, В.О. Попов, Л.Н. Проскуракова, С.Г. Псахье, Н.В. Равин, П.Б. Рудник, А.В. Савкин, К.Г. Скрябин, А.В. Соколов, А.В. Соколова, С.П. Филиппов, А.А. Чулок, С.А. Шашнов, А.Б. Ярославцев

Прогноз научно-технологического развития России: 2030 / под ред. Л.М. Гохберга. – Москва : Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 244 с.

ISBN 978-5-906737-01-4

Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г. утвержден Председателем Правительства Российской Федерации 3 января 2014 г. (№ ДМ-П8-5). В настоящем докладе представлены материалы к Прогнозу, подготовленные Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации при участии более двух тысяч российских и зарубежных экспертов, в том числе представителей ведущих научных центров, университетов, компаний, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров.

Цель Прогноза – определение наиболее перспективных для России областей науки и технологий, обеспечивающих существенный вклад в решение социально-экономических проблем и реализацию конкурентных преимуществ страны. В рамках Прогноза рассматриваются глобальные вызовы, связанные с ними окна возможностей и угрозы, перспективные инновационные рынки, радикальные продукты и технологии, области научных исследований в разрезе семи приоритетных направлений: «Информационно-коммуникационные технологии»; «Биотехнологии»; «Медицина и здравоохранение»; «Новые материалы и нанотехнологии»; «Рациональное природопользование»; «Транспортные и космические системы»; «Энергоэффективность и энергосбережение». Итоговые рекомендации прошли широкое обсуждение на многочисленных научных и экспертных конференциях в России и за рубежом.

В докладе использованы разработки следующих организаций:

- Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования;
- Российской академии наук, Российской академии медицинских наук, Российской академии сельскохозяйственных наук; научно-исследовательских институтов Федерального агентства научных организаций;
- отраслевых центров научно-технологического прогнозирования на базе ведущих вузов (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Московский физико-технический институт, Национальный исследовательский ядерный университет, Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, Сибирский государственный медицинский университет, Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского);
- исследовательских центров (НИЦ «Курчатовский институт», Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского, Крыловский государственный научный центр, Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» и др.);
- технологических платформ («Авиационная мобильность», «БиоТех2030», «Высокоскоростной интеллектуальный транспорт», «Глубокая переработка углеводородных ресурсов», «Легкие и надежные конструкции», «Медицина будущего», «Национальная информационная спутниковая система», «Национальная программная платформа», «Национальная суперкомпьютерная технологическая платформа», «Освоение океана», «Технологии экологического развития» и др.).

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

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

УДК 001.891

ББК 72в6

ISBN 978-5-906737-01-4

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



БЛАГОДАРНОСТИ

Авторский коллектив выражает искреннюю благодарность за значительный вклад в организацию исследования и экспертизу представленных в докладе материалов:

С.М. Абрамову, Б.С. Алешину, Н.П. Алешину, М.В. Алфимову, Г.В. Андрущак, А.И. Арчакову, М.Ю. Бебурову, М.А. Беловой, Н.С. Бортникову, В.Н. Васильеву, Б.М. Величковскому, В.Е. Велихову, Р.М. Вильфанду, Э.П. Волкову, А.Г. Габибову, А.В. Дутову, С.А. Жукову, В.Н. Захарову, А.Б. Землянову, Ю.Л. Ижванову, В.А. Ильину, Д.В. Ливанову, Е.Н. Каблову, И.А. Каляеву, П.П. Каминскому, А.М. Карачинскому, А.В. Клименко, С.К. Колпакову, Л.М. Комму, А.С. Коротееву, Б.И. Крючкову, А.В. Лисице, В.А. Лопоте, А.А. Макарову, С.В. Мальцевой, Т.А. Митровой, О.С. Нарайкину, А.В. Никитову, Д.Б. Пайсону, В.М. Пашину, А.Н. Петровскому, Ф.С. Пехтереву, А.Б. Повалко, А.А. Полозову-Яблонскому, А.К. Пономареву, Н.Н. Пономареву-Степному, В.О. Попову, А.В. Путилову, А.А. Римашевскому, Ю.А. Рыжову, А.Э. Сазонову, К.Г. Скрябину, В.П. Скулачеву, А.А. Солдатову, И.А. Соколову, Д.В. Стамбольскому, К.И. Сыпало, А.А. Тишкову, В.В. Ткачуку, М.В. Угрюмову, Ю.М. Урличичу, В.Е. Фортову, В.А. Чантурии, В.Н. Чарушину, С.Л. Чернышеву, А.Г. Чернявскому, М.М. Четвертакову, Б.Н. Четверушкину, Р.М. Шагалиеву, А.Г. Шалковскому.

В обсуждении методологии и результатов исследования приняли участие члены Международного консультативного совета по Форсайту и научно-технической политике Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»:

Л. Джорджиу (председатель), М. Боден, Т. Годен, Ф. Гу-Бодиман, Р. Зейдл да Фонсека, Х. Кордейро, К. Каньин, М. Кинэн, К. Кульс, Дж. Кэлоф, Дж. Линтон, Р. Миллер, Р. Поппер, А. Пурис, М. Ронгпин, М. Сервантес, А. Уилкинсон, К. Урашима, А. Хаваш, К. Хагеман, Дж. Харпер, М. Чой, Ф. Шапира, П.-А. Шиб.

Подготовка Прогноза была бы невозможна без активного участия сотрудников Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»:

М.Б. Бокова, Н.П. Великановой, Н.Н. Веселитской, Ж. Гине, Е.В. Гутарук, А.А. Еделькиной, Г.А. Китовой, М.Н. Коцемира, И.А. Кузнецовой, Т.Е. Кузнецовой, Д. Майсснера, Ю.В. Марковой, Н.С. Миковой, Я.Я. Радомировой, В.А. Рудя, Р.Т. Сайгитова, В.С. Салуна, О. Саритаса, И.В. Скородумовой, М.Ю. Соколовой, Т. Тернера, К.С. Фурсова.



ВВЕДЕНИЕ	11
Организация и методология выполнения работ	13
Источники информации для подготовки Прогноза	15
Инфраструктура Прогноза.....	15
Обсуждение и валидация результатов Прогноза.....	16
Использование результатов Прогноза.....	17
МЕТОДИЧЕСКИЕ КОММЕНТАРИИ	19
АББРЕВИАТУРЫ	20
1. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	21
1.1. Вызовы и окна возможностей	21
1.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	24
1.3. Перспективные направления научных исследований	37
1.3.1. Компьютерные архитектуры и системы	38
1.3.2. Телекоммуникационные технологии	40
1.3.3. Технологии обработки и анализа информации	42
1.3.4. Элементная база и электронные устройства, робототехника	44
1.3.5. Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем	46
1.3.6. Информационная безопасность.....	48
1.3.7. Алгоритмы и программное обеспечение	50
2. БИОТЕХНОЛОГИИ	53
2.1. Вызовы и окна возможностей	53
2.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	56
2.3. Перспективные направления научных исследований	62
2.3.1. Научно-методическая база исследований в области биотехнологий	63
2.3.2. Промышленные биотехнологии	64
2.3.3. Агробиотехнологии	69
2.3.4. Экологические биотехнологии	73
2.3.5. Пищевые биотехнологии.....	74
2.3.6. Лесные биотехнологии	77
2.3.7. Аквабиокультура	79

3. МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ	81
3.1. Вызовы и окна возможностей	81
3.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	84
3.3. Перспективные направления научных исследований	90
3.3.1. Перспективные лекарственные кандидаты	91
3.3.2. Молекулярная диагностика	93
3.3.3. Молекулярное профилирование и выявление молекулярных и клеточных механизмов патогенеза	98
3.3.4. Биомедицинские клеточные технологии	100
3.3.5. Биодegradуемые и композиционные материалы медицинского назначения.....	105
3.3.6. Биоэлектродинамика и лучевая медицина	107
3.3.7. Геномная паспортизация человека	109
4 . НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ.....	111
4.1. Вызовы и окна возможностей	111
4.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	114
4.3. Перспективные направления научных исследований	133
4.3.1. Конструкционные и функциональные материалы.....	134
4.3.2. Гибридные материалы, конвергентные технологии, биомиметические материалы и материалы медицинского назначения	138
4.3.3. Компьютерное моделирование материалов и процессов	139
4.3.4. Диагностика материалов.....	140
5. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	141
5.1. Вызовы и окна возможностей	141
5.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	144
5.3. Перспективные направления научных исследований	156
5.3.1. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности	157
5.3.2. Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	159
5.3.3. Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья.....	161
5.3.4. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики	165
6. ТРАНСПОРТНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	167
6.1. Вызовы и окна возможностей	167
6.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	171

6.3. Перспективные направления научных исследований	179
6.3.1. Развитие единого транспортного пространства.....	180
6.3.2. Повышение безопасности и экологичности транспортных систем	182
6.3.3. Перспективные транспортные и космические системы	183
7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	187
7.1. Вызовы и окна возможностей	187
7.2. Перспективные рынки, продукты и услуги	190
7.3. Перспективные направления научных исследований	197
7.3.1. Эффективная разведка и добыча ископаемых топлив	199
7.3.2. Эффективная и экологически чистая теплоэнергетика.....	200
7.3.3. Безопасная атомная энергетика.....	202
7.3.4. Эффективное использование возобновляемых видов энергии.....	204
7.3.5. Перспективная биоэнергетика.....	205
7.3.6. Глубокая переработка органических топлив	206
7.3.7. Эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии.....	208
7.3.8. Водородная энергетика	208
7.3.9. Эффективная транспортировка топлива и энергии.....	209
7.3.10. Интеллектуальные энергетические системы будущего	210
7.3.11. Эффективное потребление энергии	211
7.3.12. Моделирование перспективных энергетических технологий и систем	213
7.3.13. Разработка прогрессивной электронной компонентной базы для энергетики	214
7.3.14. Новые материалы и катализаторы для энергетики будущего.....	215
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА	217
Информирование заинтересованных сторон о результатах Прогноза, выработка механизмов их использования	217
Формирование механизмов использования результатов Прогноза при разработке, реализации и корректировке государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности	218
Создание механизмов использования результатов Прогноза при разработке, реализации и корректировке документов государственного стратегического планирования социально- экономического развития Российской Федерации	220
Обеспечение качества прогнозных исследований в сфере науки и технологий	223
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	225

СПИСОК ТАБЛИЦ И РИСУНКОВ

Табл. 1.1.	Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии».....	27
Табл. 1.2.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Компьютерные архитектуры и системы»	39
Табл. 1.3.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Телекоммуникационные технологии»	41
Табл. 1.4.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Технологии обработки и анализа информации».....	42
Табл. 1.5.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Элементная база и электронные устройства, робототехника»	44
Табл. 1.6.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем».....	47
Табл. 1.7.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Информационная безопасность»	48
Табл. 1.8.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Алгоритмы и программное обеспечение».....	51
Табл. 2.1.	Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Биотехнологии».....	57
Табл. 2.2.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Научно-методическая база исследований в области биотехнологий».....	63
Табл. 2.3.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Промышленные биотехнологии».....	65
Табл. 2.4.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Агробiotехнологии»	69
Табл. 2.5.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Экологические биотехнологии»	73
Табл. 2.6.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Пищевые биотехнологии»	75
Табл. 2.7.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Лесные биотехнологии».....	78
Табл. 2.8.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Аквабиоккультура»	79
Табл. 3.1.	Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Медицина и здравоохранение».....	85
Табл. 3.2.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Перспективные лекарственные кандидаты»	91
Табл. 3.3.	Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Молекулярная диагностика».....	94

Табл. 3.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Молекулярное профилирование и выявление молекулярных и клеточных механизмов патогенеза».....	99
Табл. 3.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Биомедицинские клеточные технологии».....	101
Табл. 3.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Биодеградируемые и композиционные материалы медицинского назначения».....	105
Табл. 3.7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Биоэлектродинамика и лучевая медицина»	108
Табл. 3.8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Геномная паспортизация человека».....	109
Табл. 4.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии».....	115
Табл. 4.2. Инновационные продуктовые группы приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»	123
Табл. 4.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Конструкционные и функциональные материалы»	135
Табл. 4.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Гибридные материалы, конвергентные технологии, биомиметические материалы и материалы медицинского назначения»	138
Табл. 4.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Компьютерное моделирование материалов и процессов»	139
Табл. 4.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Диагностика материалов»	140
Табл. 5.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Рациональное природопользование»	146
Табл. 5.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности».....	158
Табл. 5.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».....	159
Табл. 5.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья»	162
Табл. 5.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики».....	165
Табл. 6.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Транспортные и космические системы»	172

Табл. 6.2. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Развитие единого транспортного пространства»	180
Табл. 6.3. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Повышение безопасности и экологичности транспортных систем»	182
Табл. 6.4. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Перспективные транспортные и космические системы»	183
Табл. 7.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение»	191
Табл. 7.2. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективная разведка и добыча ископаемых топлив».....	199
Табл. 7.3. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективная и экологически чистая теплоэнергетика»	200
Табл. 7.4. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Безопасная атомная энергетика»	202
Табл. 7.5. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективное использование возобновляемых видов энергии»	204
Табл. 7.6. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Перспективная биоэнергетика»	206
Табл. 7.7. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Глубокая переработка органических топлив».....	207
Табл. 7.8. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии»	208
Табл. 7.9. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Водородная энергетика»	208
Табл. 7.10. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективная транспортировка топлива и энергии»	209
Табл. 7.11. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Интеллектуальные энергетические системы будущего».....	210
Табл. 7.12. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Эффективное потребление энергии»	211
Табл. 7.13. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Моделирование перспективных энергетических технологий и систем»	213
Табл. 7.14. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Разработка прогрессивной электронной компонентной базы для энергетики».....	215
Табл. 7.15. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Новые материалы и катализаторы для энергетики будущего»	215

Рис. А. Организация разработки долгосрочного Прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года	14
Рис. 1.1. Информационно-коммуникационные технологии: вызовы и окна возможностей	22
Рис. 1.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Информационно-коммуникационные технологии».....	33
Рис. 1.3. Тематические области приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии»	37
Рис. 2.1. Биотехнологии: вызовы и окна возможностей	54
Рис. 2.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Биотехнологии».....	60
Рис. 2.3. Тематические области приоритетного направления «Биотехнологии».....	62
Рис. 3.1. Медицина и здравоохранение: вызовы и окна возможностей	82
Рис. 3.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Медицина и здравоохранение».....	87
Рис. 3.3. Тематические области приоритетного направления «Медицина и здравоохранение».....	90
Рис. 4.1. Новые материалы и нанотехнологии: вызовы и окна возможностей.....	112
Рис. 4.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Новые материалы и нанотехнологии».....	129
Рис. 4.3. Тематические области приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»	134
Рис. 5.1. Рациональное природопользование: вызовы и окна возможностей.....	142
Рис. 5.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Рациональное природопользование»	153
Рис. 5.3. Тематические области приоритетного направления «Рациональное природопользование».....	157
Рис. 6.1. Транспортные и космические системы: вызовы и окна возможностей	169
Рис. 6.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Транспортные и космические системы»	176
Рис. 6.3. Тематические области приоритетного направления «Транспортные и космические системы»	179
Рис. 7.1. Энергоэффективность и энергосбережение: вызовы и окна возможностей.....	188
Рис. 7.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Энергоэффективность и энергосбережение»	193
Рис. 7.3. Тематические области приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение».....	198

«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-премьерами,
20 января 2014 г.

В январе 2014 г. Председателем Правительства Российской Федерации был утвержден долгосрочный Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г. (ПНТР)¹. Доклад, содержащий его подробные 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 России² 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-премьерами 20 января 2014 г. [Совещание с вице-премьерами, 2014].

Исходным пунктом для разработки ПНТР стал анализ глобальных вызовов в сфере науки и технологий, социально-экономического и экологического развития. К ним относятся: исчерпание запасов стратегических минеральных ресурсов, поиск альтернативных источников энергии и обеспечение энергетической безопасности; старение населения, изменение образа жизни человека и общества, распространение социально значимых заболеваний; экологизация экономики и движение к «неуглеродному» обществу; переход мировой экономики на новый этап технологического развития, сопровождающийся изменением ее структуры и факторов конкурентоспособности.

Одним из главных катализаторов распространения новой технологической волны служит конвергенция различных областей науки и технологий, развитие которой способно внести существенный вклад в реализацию научно-технологических ответов на глобальные вызовы. Ярким проявлением этого тренда является экспоненциальный рост числа научных

¹ Резолюция № ДМ-П8-5 от 3 января 2014 г.

² 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).

публикаций междисциплинарного характера. Так, за период с 2000 г. доля статей по медицинской тематике в категории «Компьютерные науки» в международных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, удвоилась.

Масштаб потенциальных экономических и социальных эффектов конвергенции технологий легко продемонстрировать на примере расширения возможностей человека, повышения его креативного потенциала. Исследования структуры и функций человеческого мозга, появление персональных сенсорных интерфейсов, «гуманизированных» технологий позволят радикально изменить границы познания и коммуникаций. Укрепление здоровья и развитие физических способностей человека будут обеспечиваться благодаря прогрессу в области биоинформатики, геномики, протеомики и других нанобиопроцессов разработки лекарств и способов лечения; созданию имплантов и регенеративных биосистем для замены органов и мониторинга физиологического состояния организма; наноразмерных механизмов и инструментов медицинского вмешательства мягкого действия; мультимодальных платформ для помощи людям с нарушениями зрения и слуха; интерфейсов «мозг-мозг» и «мозг-компьютер»; созданию виртуальных сред для обучения, проектирования и выполнения работ любого физического масштаба в удаленном режиме и т.п.

Подобные фундаментальные процессы, безусловно, приведут к кардинальному пересмотру сложившихся глобальных цепочек создания стоимости (в частности, смещению центров прибыли в сторону промышленного дизайна) и смене ключевых игроков. Принципиальные изменения претерпит и конфигурация мировой энергетической инфраструктуры, транспортных, информационных и коммуникационных систем.

Модернизация коснется и сферы образования, которая в настоящее время испытывает серьезную трансформацию в связи с появлением новых образовательных технологий. Концепция образования в течение всей жизни (*lifelong learning*) получает новый виток развития благодаря распространению дистанционного обучения и онлайн-курсов, массовому внедрению внутрикорпоративного образования, формированию посредством ИКТ среды для обмена опытом между всеми участниками образовательного процесса.

Рассмотренные выше глобальные тренды и вызовы обусловили существенные изменения в отечественной экономике, включая сферу науки и инноваций, и связанные с этим преобразования научно-технической и инновационной политики, расширение круга ее субъектов и спектра используемых инструментов.

Одна из важнейших задач, стоящих перед Россией, – поиск новых источников экономического роста; решение этой задачи невозможно без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих выход на формирующиеся высокотехнологичные 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 базы³.

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

³ 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.



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, целью которого была разработка вариантов технологического развития важнейших секторов экономики. Центральным элементом проекта стало проведение масштабного опроса экспертов с использованием метода Дельфи. На этой основе были выделены более 800 технологий в 10 перспективных направлениях научно-технологического развития, затем осуществлен опрос 100 крупнейших компаний в ключевых секторах российской экономики с целью анализа текущего и перспективного спроса на эти технологии.

В рамках следующего этапа научно-технологического прогнозирования (2009–2010 гг.) был обобщен опыт зарубежных и международных прогнозов в социально-экономической и научно-технологической сферах, и на его базе 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. В проекте были определены группы перспективных технологий и продуктов, отвечающие приоритетам технологической модернизации страны.

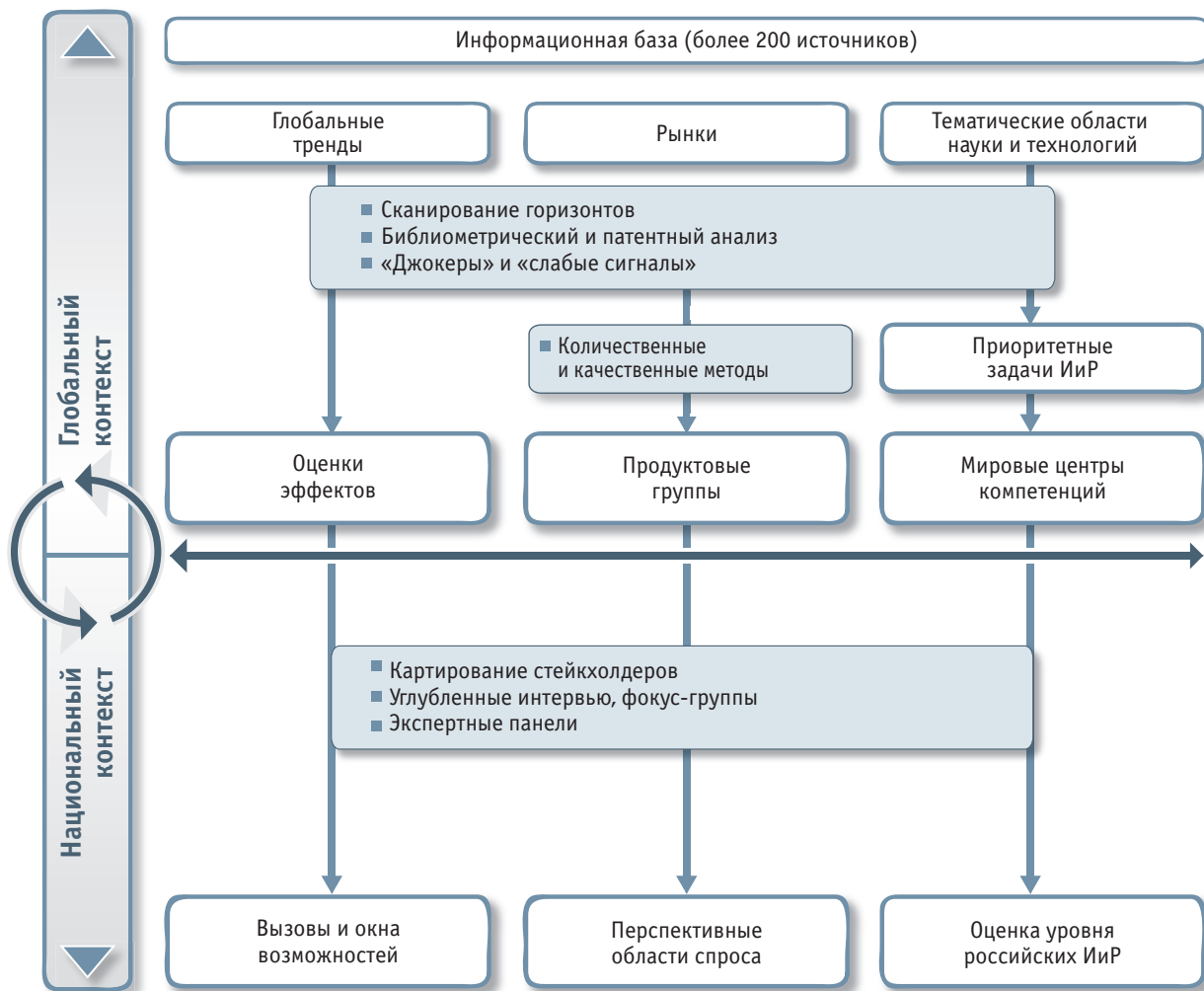
В 2013 г. завершилась разработка ПНТР, итоги которого приведены в настоящем докладе. *В рамках работы были получены следующие основные результаты:*

- выделены тренды, оказывающие наибольшее влияние на сферу науки и технологий, и порожаемые 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 приоритетных задач научных исследований и разработок, проведение которых необходимо для появления рассмотренных 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 и 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

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

Рис. А. 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 технологий прорывного характера, 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)⁴ и др.).

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, Всемирной организации здравоохранения, Международного энергетического агентства, ОПЕК 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 (Shell, BP, Siemens, Microsoft, Daimler, Deutsche Bank 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, 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 2 тыс. 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 компа-

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

ний, 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 крупных 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, которые выделяются на конкурсной основе для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых 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 том числе на конференциях:

- 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);
- Foresight for Science and Technology Development in Aircraft Engineering. International Methodology Workshop (декабрь 2011 г., Москва);
- Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology (март 2012 г., Вашингтон);
- 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);
- Седьмой Международный Аэрокосмический Конгресс IAC'20 (август 2012 г., Москва);
- 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);

- ISPI 2013: Innovating in Global Markets: Challenges for Sustainable Growth (июнь 2013 г., Хельсинки);
- 7th ESPI Autumn Conference “Space in a Changing World” (сентябрь 2013 г., Вена);
- 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);
- XV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 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 уже были использованы при:

- разработке Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года⁵;
- подготовке государственной программы «Развитие науки и технологий» на период до 2020 года⁶;
- 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 использования возможностей федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием⁷;
- проведении отраслевых Форсайтов и разработке соответствующих дорожных карт (развития космической навигации, авиационной науки и технологий, судостроения, нефтепереработки и нефтехимии, биотехнологий и генной инженерии, производства композиционных материалов, ИКТ и массовых коммуникаций, энергоэффективности, фотоники, водопользования и др.);
- формировании программ развития инновационных территориальных кластеров, стратегических программ исследований технологических платформ, программ инновационного развития ряда российских компаний.

⁵ Утвержден Правительством Российской Федерации 23 марта 2013 г. № ДМ-П13-1795.

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

⁷ Письмо Минобрнауки России № МОН-П-119 от 17 января 2014 г.

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 разработки планов исследований;
- научным сообществом – для определения востребованных направлений научных исследований, а также для продвижения имеющихся технологий и технологических решений через создаваемые в рамках долгосрочного Прогноза коммуникационные площадки;
- бизнес-сообществом – для разработки 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 федеральному закону от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» Прогноз должен разрабатываться на регулярной основе с целью формирования системы научно обоснованных представлений о направлениях и ожидаемых результатах научно-технологического развития страны во взаимосвязке с другими документами государственного стратегического планирования.

* * *

Настоящий доклад состоит из семи разделов, соответствующих приоритетным направлениям развития науки и технологий: «Информационно-коммуникационные технологии», «Биотехнологии», «Медицина и здравоохранение», «Новые материалы и нанотехнологии», «Рациональное природопользование», «Транспортные и космические системы», «Энергоэффективность и энергосбережение». По каждому из указанных направлений приводится детальная информация о порождаемых глобальными трендами вызовах и окнах возможностей, возникающих угрозах и степени их влияния на Россию. Представлен анализ важнейших перспективных рыночных ниш, продуктов и услуг, способных оказать радикальное влияние на динамику мировых рынков, с указанием их конкурентных преимуществ. Выделены перспективные области прикладной науки, дана сравнительная оценка уровня заделных исследований, проводимых в России и странах-лидерах.

В заключительной главе рассмотрены варианты практического применения результатов ПНТР – от выбора приоритетов и инструментов государственной научно-технической и инновационной политики до формирования стратегий компаний, технологических платформ и инновационных территориальных кластеров.

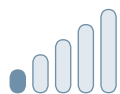


МЕТОДИЧЕСКИЕ КОММЕНТАРИИ

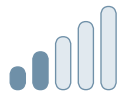
Для выбора приоритетов прикладной науки, направленных на создание научно-технологических заделов, применялся ряд критериев. К приоритетным были отнесены исследования, которые:

- 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;



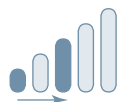
«возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных на равных сотрудничать с мировыми лидерами;



«паритет» – уровень российских исследований не уступает мировому;



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



оценки экспертов находятся в диапазоне между несколькими значениями.

АББРЕВИАТУРЫ

АЭС	Атомная электростанция
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ГИС	Геоинформационная система
ГЛОНАСС	Глобальная навигационная спутниковая система
ДНК	Дезоксирибонуклеиновая кислота
ЕС	Европейский союз
ИиР	Исследования и разработки
ИКАО	Международная организация гражданской авиации (ICAO – International Civil Aviation Organization)
ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
КМОП	Комплементарный металлооксидный полупроводник
МРТ	Магнитно-резонансная томография
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
ООН	Организация объединенных наций
ОПЕК	Организация стран – экспортеров нефти (Organization of the Petroleum Exporting Countries – OPEC)
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ПНТР	Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г.
РНК	Рибонуклеиновая кислота
СБИС	Сверхбольшая интегральная схема
СПГ	Сжиженный природный газ
СПИД	Синдром приобретенного иммунодефицита
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
API	American Petroleum Institute – Единица измерения плотности нефти, разработанная Американским институтом нефти
BI	Business Intelligence – Бизнес-аналитика
GPS	Global positioning system – Система глобального позиционирования
EPO	European Patent Office – Европейский патентный офис
IoT	Internet of Things – Интернет вещей
IP	Internet Protocol – Маршрутизируемый протокол сетевого взаимодействия
M2M	Machine-to-machine – Технологии и стандарты межмашинного взаимодействия
MOX-топливо	Mixed-Oxide fuel – Смешанное оксидное топливо
R&D	Research and Development – Исследования и разработки



1 ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1.1. Вызовы и окна возможностей

Информационно-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.

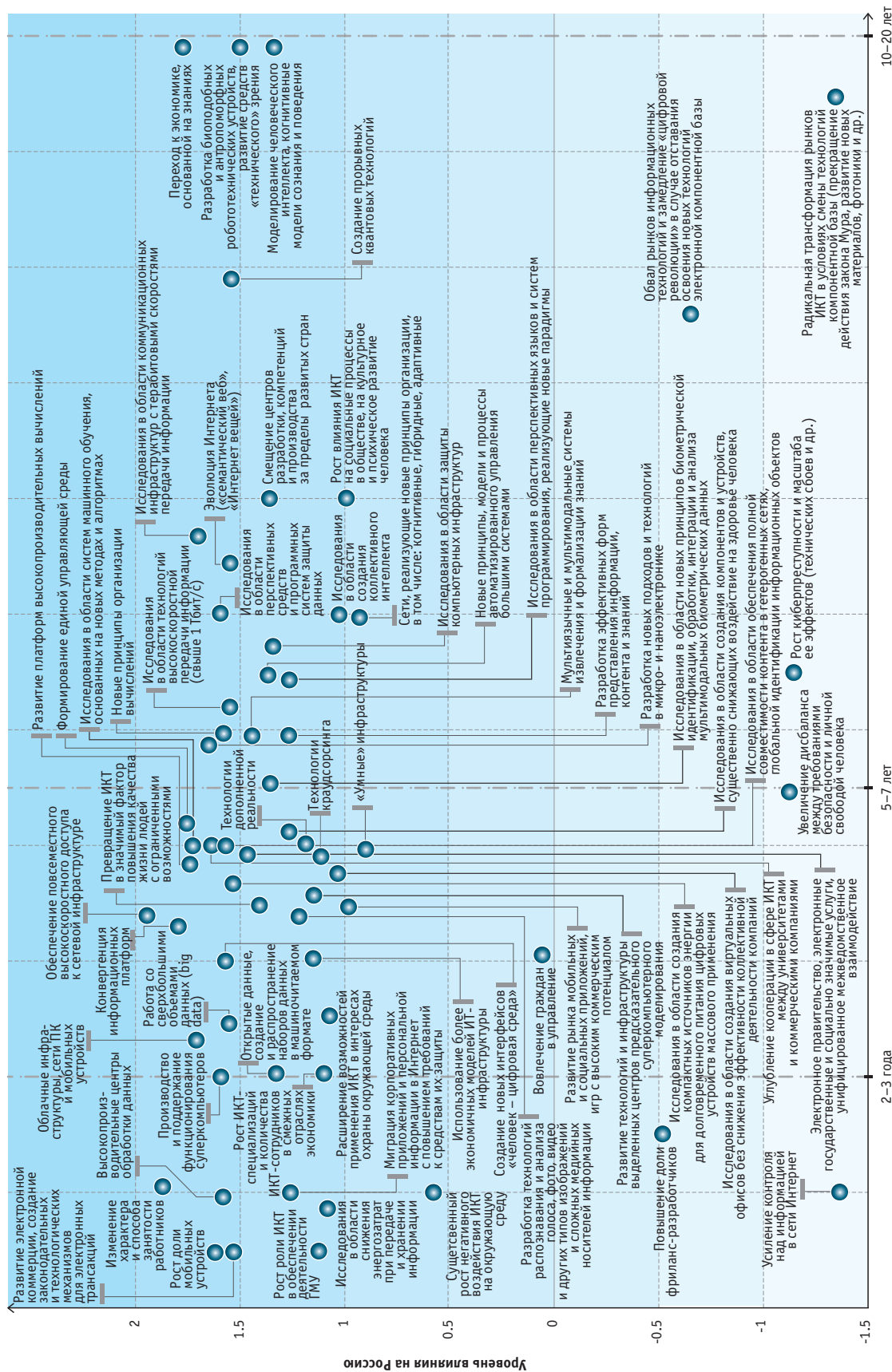
Дальнейшее развитие приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии» определяется рядом вызовов и окон возможностей (рис. 1.1).

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.

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-



Рис. 1.1. Информационно-коммуникационные технологии: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



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 поддержания функционирования суперкомпьютеров.

Для решения проблем, связанных со стремительным увеличением объема неструктурированной информации и потребностями обработки колоссальных ее массивов, получат 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 создава-



емой 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.

1.2. 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, превосходящим 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. 1.1). Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отображены на рис. 1.2.

«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, – получат 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 ожидаются 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



Табл. 1.1. 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>	
<p>Наука</p>	<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>
<p>Управление</p>	<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>

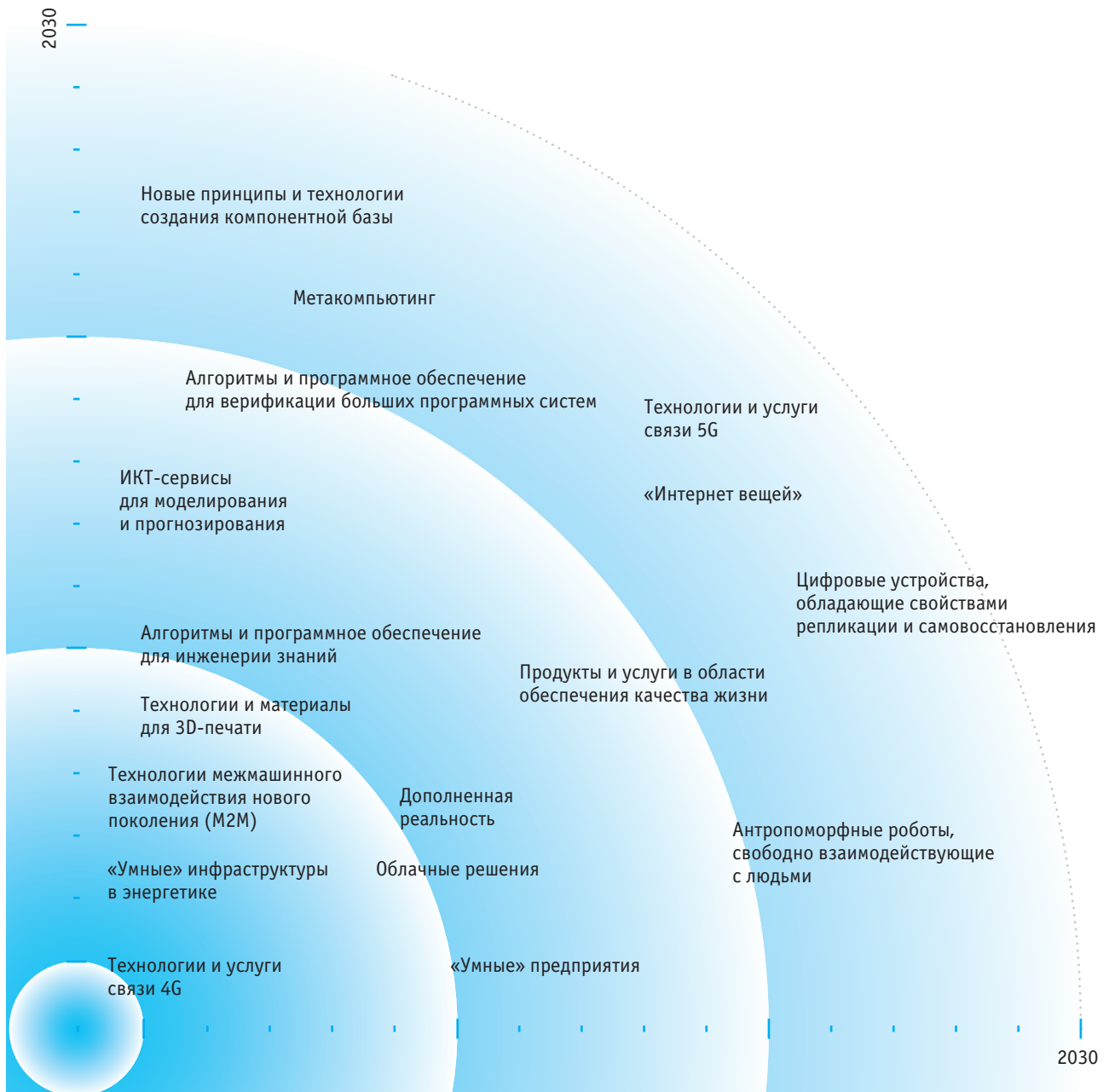


(окончание)

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 экстремедицинских 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>
<p>ИКТ-продукты и услуги индивидуально-го потребления</p>	<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. 1.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Информационно-коммуникационные технологии»



в области искусственного интеллекта. Инженерия знаний распространяет понятия, отнесенные 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 полу-



чить 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 безопасной 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 труднопроизводимых 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 инновационных 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 осязания; 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 нейробиологических средств, техники слияния сенсорной информации, интеллектуального управления поведением и исполнением действий. В дальнейшем решающее значение для робототехники (в том числе 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.

1.3. Перспективные направления научных исследований

Появление описанных выше инновационных продуктов требует создания соответствующих научно-технологических заделов. Эксперты отметили семь наиболее перспективных для России тематических областей прикладных исследований на период до 2030 г. (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Тематические области приоритетного направления «Информационно-коммуникационные технологии»





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.

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. получат 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.

1.3.1. Компьютерные архитектуры и системы

Ожидаемые результаты задельных 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. 1.2. 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> <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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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 хранения, коллекций данных, канальных емкостей и др.</p> <p>Использование сетей персональных компьютерных устройств для распределенной обработки данных</p>
<p>Новые архитектуры серверных и персональных компьютерных устройств</p>		<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>
<p>Новые парадигмы организации и реализации вычислительных процессов, новые технологии создания компьютерных устройств</p>		<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, нейро- и биовычислений</p> <p>Создание оптических процессоров и систем</p>

1.3.2. 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. 1.3. 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> <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 широкоэмитательных 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>

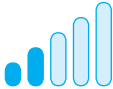
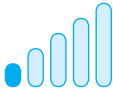


1.3.3. Технологии обработки и анализа информации

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 медиainформации.

Табл. 1.4. 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, видеоинформации, 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>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые технологии работы с текстовой и слабоструктурированной информацией		<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> <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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка VI-приложений с открытым кодом (open source VI)</p> <p>Разработка VI-решений, основанных на поиске (search-based VI)</p> <p>Создание коллаборативных VI-систем (collaboration VI and decision making)</p> <p>Разработка VI в области информационной безопасности (cyber analytics)</p>

1.3.4. 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. 1.5. 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>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>
<p>Использование новой элементной базы для создания перспективных ИКТ</p>		<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> <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>Технологии создания сложных функциональных блоков для элементной базы</p>		<p>Разработка производительных методов характеристики сложно-функциональных блоков с учетом вариаций технологических параметров</p> <p>Разработка параметризованных сложнфункциональных 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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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> <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>

1.3.5. Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем

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. 1.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Предсказательное моделирование, функционирование перспективных систем»

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>
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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
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>

1.3.6. 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. 1.7. 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>

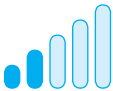


(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>
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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Противодействие новым вызовам информационной войны и киберпреступности в ИКТ</p>		<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>

1.3.7. 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.

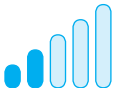


Табл. 1.8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Алгоритмы и программное обеспечение»

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> <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>
Перспективные технологии и решения для операционных систем, СУБД и программного обеспечения промежуточного слоя		<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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>



2 **БИОТЕХНОЛОГИИ**

2.1. Вызовы и окна возможностей

Биотехнологии наряду с нанотехнологиями и ИКТ являются одним из наиболее значимых и быстроразвивающихся «горизонтальных» технологических направлений. По прогнозам ведущих международных организаций – Всемирного банка, ОЭСР, Еврокомиссии и др., – темпы роста рынков биотехнологической продукции будут неуклонно возрастать. Интенсивное развитие биотехнологий обусловлено не только успехами биохимии и молекулярной биологии, но и кризисом традиционных технологий (особенно на фоне новых трендов, прежде всего в области экологии и энергетики), необходимостью обеспечения продовольственной безопасности, сохранения ресурсного потенциала, увеличения продолжительности жизни населения, поддержания здорового генофонда нации. Наличие серьезных научных заделов и опытных разработок даст возможность уже в ближайшие годы существенно расширить масштабы использования биотехнологий для массового производства продукции с новыми свойствами.

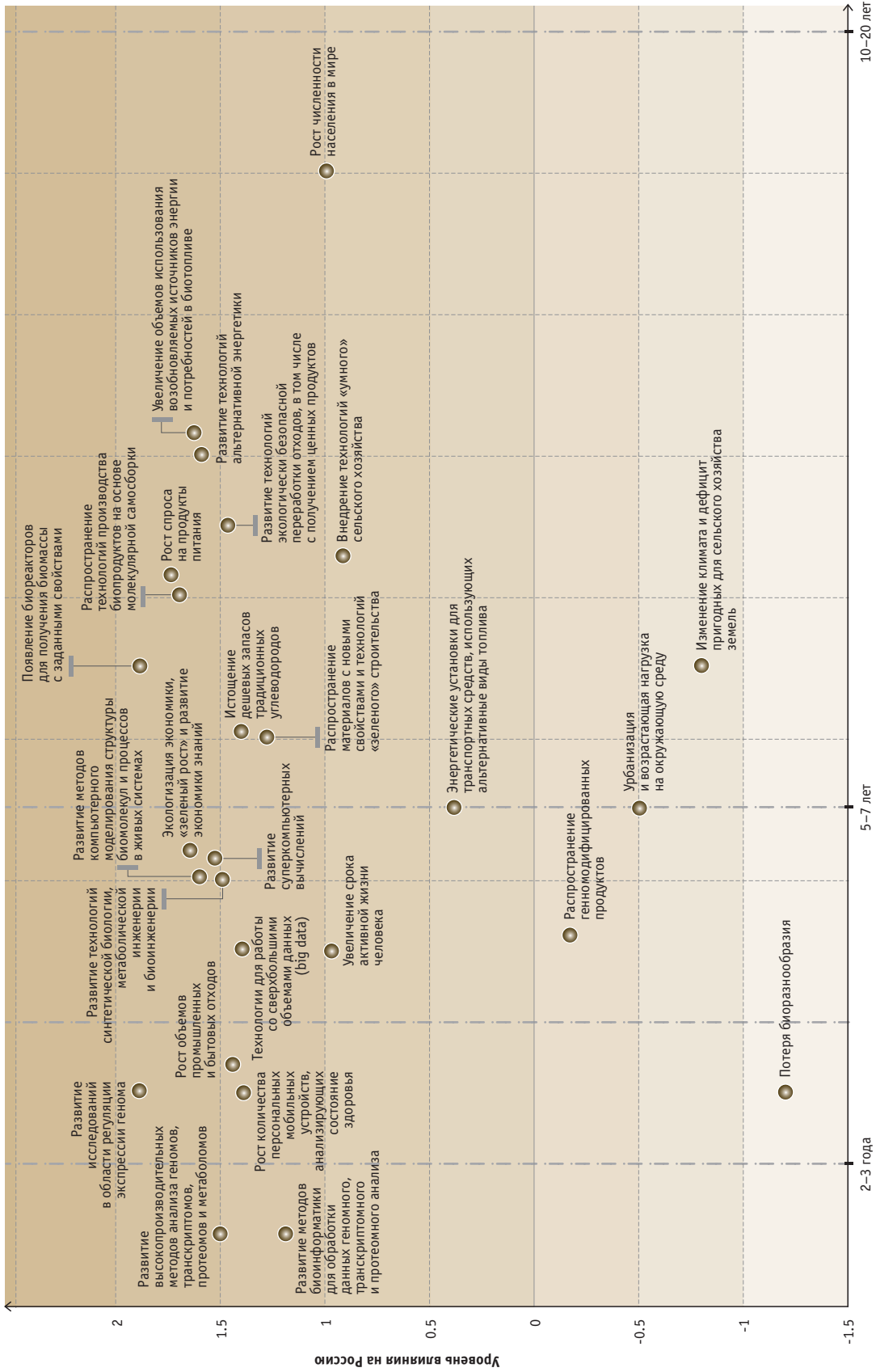
Разработка биотоплива нового поколения внесет вклад в диверсификацию топливно-энергетического баланса, снижение выбросов парниковых газов. Клеточные, геномные, постгеномные технологии послужат основой для противодействия распространению различных видов заболеваний человека и животных; получения биоматериалов из возобновляемого сырья, предназначенных для замещения традиционных производств (химических, пищевых, целлюлозно-бумажных и др.) и появления новых продуктов с уникальными свойствами; восстановления редких и исчезающих видов флоры и фауны; сохранения биоресурсов Мирового океана. Совершенствование методов биоорганической переработки отходов позволит решить проблему их захоронения и утилизации, снизив уровень загрязнения окружающей среды, с одновременным получением больших объемов биомассы для последующей промышленной переработки. Внедрение новых высокопродуктивных биообъектов и применение эффективных технологических режимов обеспечат значительную интенсификацию производственных процессов. Благодаря развитию современных технологий селекции новых сортов сельскохозяйственных растений и пород животных с улучшенными свойствами будет налажено производство достаточного количества продуктов питания высокого качества со сбалансированным содержанием полезных веществ и витаминов.

Порождаемые глобальными трендами вызовы и окна возможностей, определяющие перспективы развития приоритетного направления «Биотехнологии», представлены на рис. 2.1.

Распространение генно-модифицированной (трансгенной) продукции вызывает неоднозначное отношение общества и государства, в первую очередь из-за отсутствия объективной информации о ее влиянии на организм человека и окружающую среду в долгосрочном периоде и порождаемых этим рисках. В то же время развитие данного направления может служить серьезным импульсом к созданию пищевых и технических культур с улучшенными или принципиально новыми свойствами и зачастую с более низкой



Рис. 2.1.1. Биотехнологии: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



себестоимостью. В результате можно ожидать заметного роста сельскохозяйственного производства, а также вовлечения в аграрную деятельность регионов, ранее в ней не действовавших вследствие неблагоприятных климатических условий.

Истощение дешевых запасов углеводов детерминирует развитие биотехнологий, позволяющих повысить эффективность добычи и переработки сырья, что в конечном итоге приведет к более активной разработке новых труднодоступных месторождений с меньшей себестоимостью и большей отдачей. Обладая обширными сельскохозяйственными угодьями и значительными объемами отходов сельского хозяйства, пищевой и лесной промышленности (250 млн т концентрированных сельскохозяйственных и 50 млн т лесных отходов ежегодно), Россия может стать одним из сильнейших игроков на мировом рынке крупнотоннажной биотехнологической продукции из возобновляемого сырья, в том числе биотоплива, при условии эффективной организации научных исследований, достаточных инвестиций в разработку технологий и инфраструктуру, осуществления необходимых институциональных преобразований.

Появление *биореакторов для получения биомассы с заданными свойствами* обеспечит возможность создания технологий производства рекомбинантных продуктов для пищевой промышленности, сельского хозяйства и энергетики, это позволит освоить выпуск новых биотехнологических продуктов в промышленных масштабах. Актуальность развития данного направления обусловлена растущим спросом на продукцию глубокой биотехнологической переработки биомассы различного происхождения. Особенно востребованными окажутся биотопливо (биодизель, горючий газ, жидкие углеводороды, твердые продукты пиролиза), а также базовые химикаты (органические кислоты, спирты, эфиры, диолы и др.), в том числе используемые для производства биопластиков.

Конвергенция ИКТ, нано- и биотехнологий может стать импульсом к *развитию «умного» сельского хозяйства* (диагностикумы, биодатчики, характеризующие состояние растений, оптимизирующие биоустройства, биороботы и т.д.). Внедрение новых технологий позволит, с одной стороны, повысить эффективность использования сельскохозяйственных земель, с другой – предотвратить эрозии, вымывание питательных веществ, сохранить структуру почвы, снизить негативное влияние деятельности человека на окружающую среду в целом.

Рост численности населения планеты, которое, по оценке ООН, к 2050 г. превысит 9 млрд чел., откроет новые возможности для экспорта российских сельскохозяйственных биотехнологий и биопродуктов. Потребители с высоким уровнем дохода будут предъявлять спрос на экологически чистые продукты питания. Лидерами же по производству и потреблению станут быстроразвивающиеся страны, прежде всего Китай и Индия. При этом контроль безопасности и качества в этой сфере призваны обеспечить развитые государства.

Прогресс технологий хранения, обработки и передачи больших объемов данных (*технологии для работы со сверхбольшими данными (big data)*), производство и поддержка функционирования суперкомпьютеров, суперкомпьютерные вычисления, развитие новых методов компьютерного моделирования материалов и процессов) имеет серьезное значение для исследований в области геномики, синтетической биологии и биоинженерии (в первую очередь – для расшифровки и анализа геномов, а в будущем – и для математического моделирования процессов, происходящих в живых организмах). Создание сверхпроизводительных вычислительных систем будет способствовать интенсивному развитию молекулярной биологии (ускорению процессов моделирования структур и динамики макромолекул).



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

- низкая продуктивность сельскохозяйственного производства;
- критическое отставание научно-исследовательской и производственно-технологической базы в области биотехнологий;
- низкий спрос на разработки практического назначения;
- недостаточные инвестиции бизнеса в развитие биотехнологических производств;
- высокие барьеры входа на мировой рынок биотехнологической продукции;
- риск превращения страны в сырьевую базу для мировых лидеров рынка биотехнологий.

2.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Биотехнологии активно применяются на рынках биофармацевтических и медицинских средств, позволяя создавать биodeградируемые материалы, диагностикумы, импланты, жизненно важные лекарственные препараты, клеточные линии и др. Эти и другие перспективные рынки биотехнологий были рассмотрены в рамках прогноза.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Биотехнологии»¹:

- промышленные биопродукты;
- биотехнологические продукты сельского хозяйства;
- биотопливо и биоэнергетика;
- пищевые биопродукты;
- биологические системы окружающей среды;
- биотехнологические системы и продукты для лесного сектора;
- аквабиокультура.

Как показывает анализ, в ближайшее время биотехнологии будут наиболее востребованы в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, производстве химикатов и биотоплива. При этом оценки возможного распространения генно-модифицированных организмов варьируются, что обусловлено, как уже отмечалось, неоднозначным отношением общества к подобной продукции.

Для каждого из перечисленных выше рынков были определены инновационные продукты и услуги, которые в массовых масштабах появятся в период до 2030 г. (табл. 2.1).

В области биотехнологий степень радикальности характеризуется появлением у продуктов новых свойств, кратным увеличением их технико-экономических показателей и, как следствие, кардинальной трансформацией рынков и возникновением возможностей решения глобальных проблем и ответа на возникающие вызовы. Инновационные продукты и услуги, способные оказать радикальное влияние на мировые рынки в перспективе до 2030 г., отображены на рис. 2.2.

В краткосрочной перспективе *новые сорта растений и породы сельскохозяйственных животных* могут быть получены с применением молекулярных маркеров в селекционной работе, технологии удвоенных гаплоидов, генетической инженерии и др. Ожидается, что сорта и гибриды растений следующего поколения будут характеризоваться высоким содержанием питательных веществ, повышенными продуктивностью (увеличенным размером плодов,

¹ Перспективные рынки и инновационные продукты биотехнологий в сфере медицины и фармацевтики более подробно рассмотрены в главе 3 «Медицина и здравоохранение».

**Табл. 2.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Биотехнологии»**

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Промышленные биопродукты	Крупнотоннажные кормовые добавки: – незаменимые аминокислоты – витамины – кормовой белок Ферменты: – промышленные ферменты и биокатализаторы – кормовые и пищевые ферменты Химикаты, включая мономеры для биodeградируемых полимеров: – органические кислоты, спирты, диолы – углеводороды Биологические средства защиты растений (биопестициды, биоинсектициды) Полисахариды и другие средства для увеличения нефтедобычи	Возможность создания новых продуктов с уникальными свойствами Ускорение каталитических процессов Замедление нежелательных процессов Возможность ликвидации последствий загрязнения окружающей среды Сниженные издержки на установку и эксплуатацию Расширенный ассортимент, создающий возможность для персонализации потребления Экологичность и замкнутый цикл производства Повышенная устойчивость к экстремальным условиям реальных биопроцессов (высокой температуре, кислотным или щелочным условиям, присутствию солей, органических растворителей и т.д.)
Биотехнологические продукты сельского хозяйства	Новые сорта сельскохозяйственных растений Новые биотехнологические формы деревьев с заданными признаками Штаммы микроорганизмов и микробные консорциумы, предназначенные для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов Растения и животные – биофабрики для получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения Новые породы сельскохозяйственных животных Консерванты кормов и силосные закваски Сбалансированные комбикорма и премиксы	Высокая урожайность/продуктивность Повышенная устойчивость к патогенным и неблагоприятным условиям окружающей среды Сниженная способность накапливать гербициды и пестициды Увеличенные сроки хранения Повышенный уровень протеина Улучшенные вкусовые качества Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др.
Биотопливо и биоэнергетика	Биотопливо и компоненты из биомассы: – продукты пиролиза (бионефть, биогаз) – биодизель, биоэтанол, биобутанол, биоэфиры – биометан, биоводород и присадки Энергетические продукты: – биотопливные элементы, включая биоэлектрические, бионакопители энергии	Улучшенные потребительские свойства Возобновляемость Экологичность



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Пищевые биопродукты	<p>Заменители сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, сорбит)</p> <p>Продукты пробиотического, пребиотического и синбиотического действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пребиотики, пробиотики, синбиотики – стартерные культуры – высококонцентрированные закваски <p>Пищевой белок:</p> <ul style="list-style-type: none"> – белковые продукты из малоценных отходов – белковые продукты из побочных продуктов переработки растительного и животного сырья – белковые продукты с улучшенными свойствами <p>Специализированные пищевые продукты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – добавки растительного или бактериального происхождения – витамины, минеральные вещества – натуральные ароматизаторы и красители – ферменты и эмульгаторы – аминокислотные добавки – усилители вкуса – пищевые ингредиенты <p>Функциональные пищевые продукты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продукты функционального лечебного питания (продукты профилактического питания, специализированного назначения, с пониженным содержанием жира, сахара, органического производства) – продукты детского питания – биологически активные добавки <p>Пищевые продукты, полученные путем глубокой переработки отходов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – натуральные ароматизаторы – красители – новые технологические добавки (ферменты и эмульгаторы) – заквасочные культуры – витамины – функциональные смеси 	<p>Безопасность</p> <p>Удобство применения</p> <p>Возможность профилактики и лечения болезней</p> <p>Персонализация</p> <p>Повышенная питательная ценность</p> <p>Экономическая целесообразность извлечения из широкого класса сырьевых продуктов и отходов</p> <p>Улучшение здоровья человека</p> <p>Увеличенные сроки хранения</p> <p>Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др.</p> <p>Устойчивость к воздействию агрессивной окружающей среды</p>

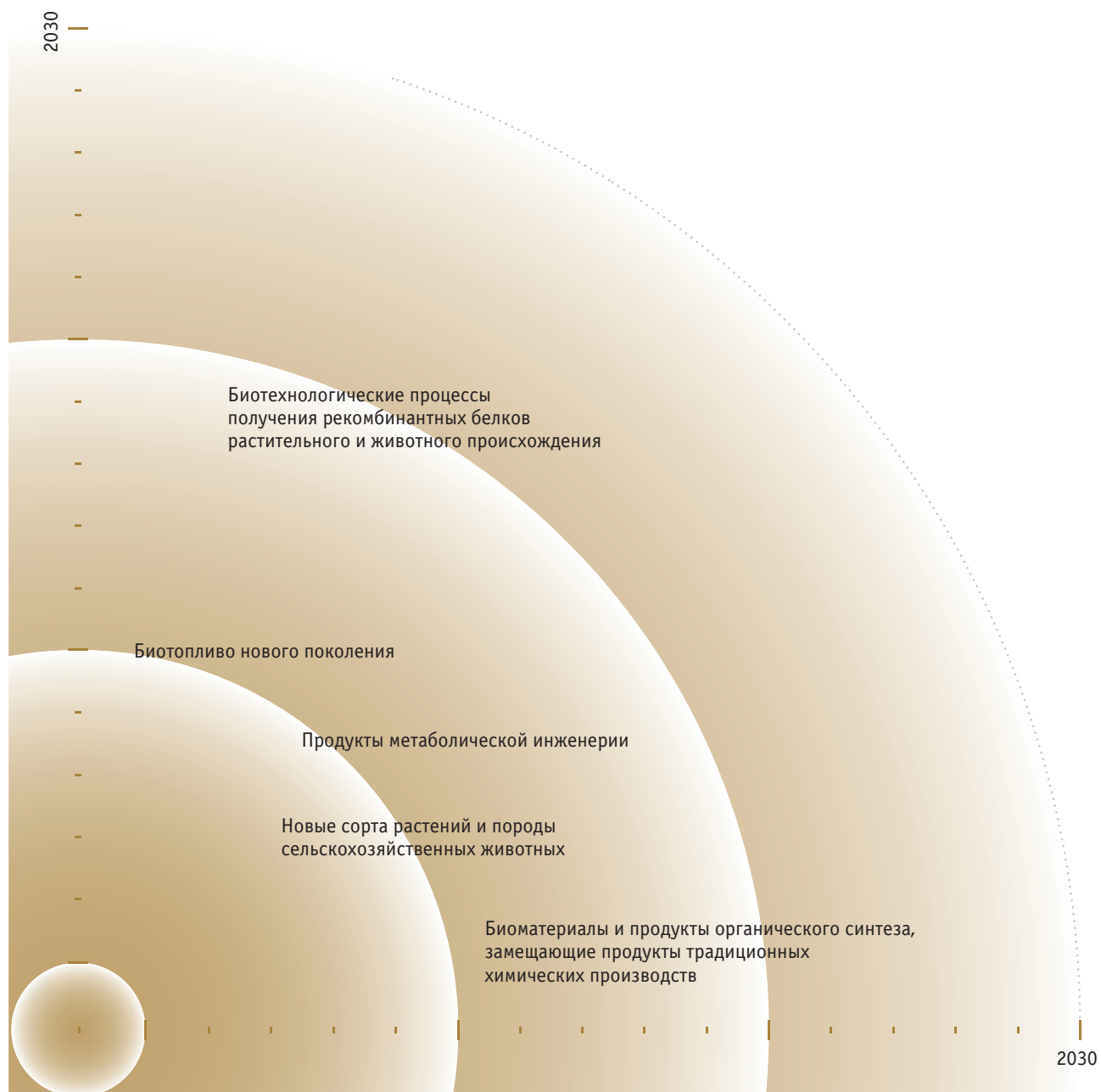


(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Биотехнологические системы охраны окружающей среды	Средства переработки леса: – средства для малоотходной переработки древесины – средства утилизации отходов лесопиления Очистные сооружения (средства очистки и переработки отходов): – организмы-биодеструкторы – средства очистки вод, грунтов и атмосферы с помощью метаболического потенциала биологических объектов – биодегранты Экологически чистое жилье: – технологии реализации «нулевого», безотходного жилья – биопозитивные строительные материалы (полностью вторично используемые в условиях биотехнологической обработки): древесина, шерсть, войлок, натуральные клеи и каучук Биоресурсные центры и биоколлекции: – коллекции микроорганизмов, грибов, водорослей – коллекции клеток высших растений и животных	Экологичность Высокая продуктивность Высокая эффективность Возможность переработки и утилизации отходов Возобновляемость
Биотехнологические системы и продукты для лесного сектора	Средства воспроизводства и защиты леса: – средства и методы сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов – биотехнологические формы деревьев с заданными признаками – биологические средства защиты леса – продукты микробиологической конверсии (биоудобрения)	Возможность снижения природоохранных издержек Возможность увеличения скорости воспроизводства лесных насаждений Сохранение биоразнообразия
Аквабиокультура	Гидробионты как источник биомассы: – новые породы и кроссы гидробионтов, устойчивые к неблагоприятным температурным режимам и обладающие высоким темпом роста и размножения – переработанные промысловые гидробионты и продукция аквакультур – клеточные линии морских организмов и микробных симбионтов, являющиеся продуцентами биологически активных соединений Продукты, полученные из гидробионтов: – биологически активные соединения – биополимеры и новые материалы – функциональные пищевые продукты – биологическое сырье, полуфабрикаты, продукты потребления	Снижение природоохранных издержек Повышенная пищевая ценность Увеличенные сроки хранения Улучшенные вкусовые качества Повышенный уровень протеина Сбалансированность питательных веществ, витаминов, аминокислот и др. Повышенная устойчивость к воздействию агрессивной окружающей среды Доступность Возобновляемость Экологичность Биологическая активность



Рис. 2.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Биотехнологии»



сокращенным временем созревания) и/или пользой, устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды. Развитие технологий геномной селекции позволит вывести новые, более качественные породы сельскохозяйственных животных (например, по уровню жирности мяса) с ускоренным ростом, что, в свою очередь, будет способствовать рациональному использованию кормов. Внедрение в практику новых продуктов приведет к повышению эффективности сельскохозяйственного производства и снижению потерь урожая.



Эффективные технологии получения *биотоплива* (в том числе моторного) обеспечат экономию невозобновляемых запасов ископаемых углеводородов, дадут возможность значительно расширить исходную ресурсную базу экономики, сократить выбросы парниковых газов и – в конечном счете – негативное влияние энергетики на климат планеты. К основным направлениям развития биоэнергетических технологий относятся повышение энергетической эффективности биопреобразования углекислого газа в моторное топливо, снижение стоимости биотоплива, расширение сырьевой базы для его получения (в частности, разработка технологий конверсии лигноцеллюлозы), повышение качества (стабильности, экологической чистоты).

Биотехнологические процессы получения биоматериалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья, предназначенные для замещения традиционных химических производств и создания новых продуктов и материалов с уникальными свойствами, предполагают разработку новых штаммов микроорганизмов, осуществляющих эти процессы, а также развитие технологий выработки биосинтетических мономеров и методов их полимеризации. Замена химических производств биотехнологическими процессами получения материалов и продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья позволит создать продукцию высокой степени чистоты (в том числе оптически чистые органические вещества для синтеза лекарств) и снизить стоимость ее разработки. Биоматериалы нового типа будут обладать широким спектром применения за счет особых характеристик. Часть из них (например, биопластики) приобретут способность к биодegradации, а это, в свою очередь, даст импульс к разработке новых биодegradируемых материалов для медицинского и промышленного применения.

Биотехнологические процессы получения биологически активных соединений, основанные на направленной модификации путей метаболизма организма-продуцента методами метаболической инженерии, интенсифицируют производство аминокислот, витаминов, антибиотиков, ферментов, рекомбинантных белков и др. Значительно более высокая эффективность новых методов метаболической инженерии и биоинженерии по сравнению с традиционными способами (случайным мутагенезом и др.) приводит к снижению стоимости продукта и тем самым обеспечивает условия для его массового применения в различных отраслях.

Биотехнологические процессы получения рекомбинантных белков промышленного (ферменты, биополимеры и т.п.) и медицинского (вакцины, антитела, ферменты) назначения в растениях и животных – биофабриках выгодно отличаются по эффективности и себестоимости от известных технологий, основанных на использовании культур клеток микроорганизмов или животных. В качестве наиболее перспективных можно отметить технологии получения рекомбинантных белков в растениях с использованием вирусных систем, а также в молоке трансгенных животных.

Передовые позиции в разработке радикальных инновационных продуктов и услуг принадлежат ученым из США, Европы и Японии. В частности, в США активно развивается область генетической инженерии растений. Исследования, направленные на создание биотехнологических сортов без использования трансгенеза и биотехнологических процессов получения рекомбинантных белков в растениях и животных, развиваются более интенсивно в европейских странах. Биотехнологии производства новых видов моторного топлива являются предметом изучения многих научных организаций, университетов и компаний во всем мире. Уровень российских исследований по большинству радикальных биотехнологических продуктов серьезно уступает мировому, однако существует ряд отечественных разработок, востребованных за рубежом (например, генно-инженерные штаммы – продуценты аминокислот и витаминов).



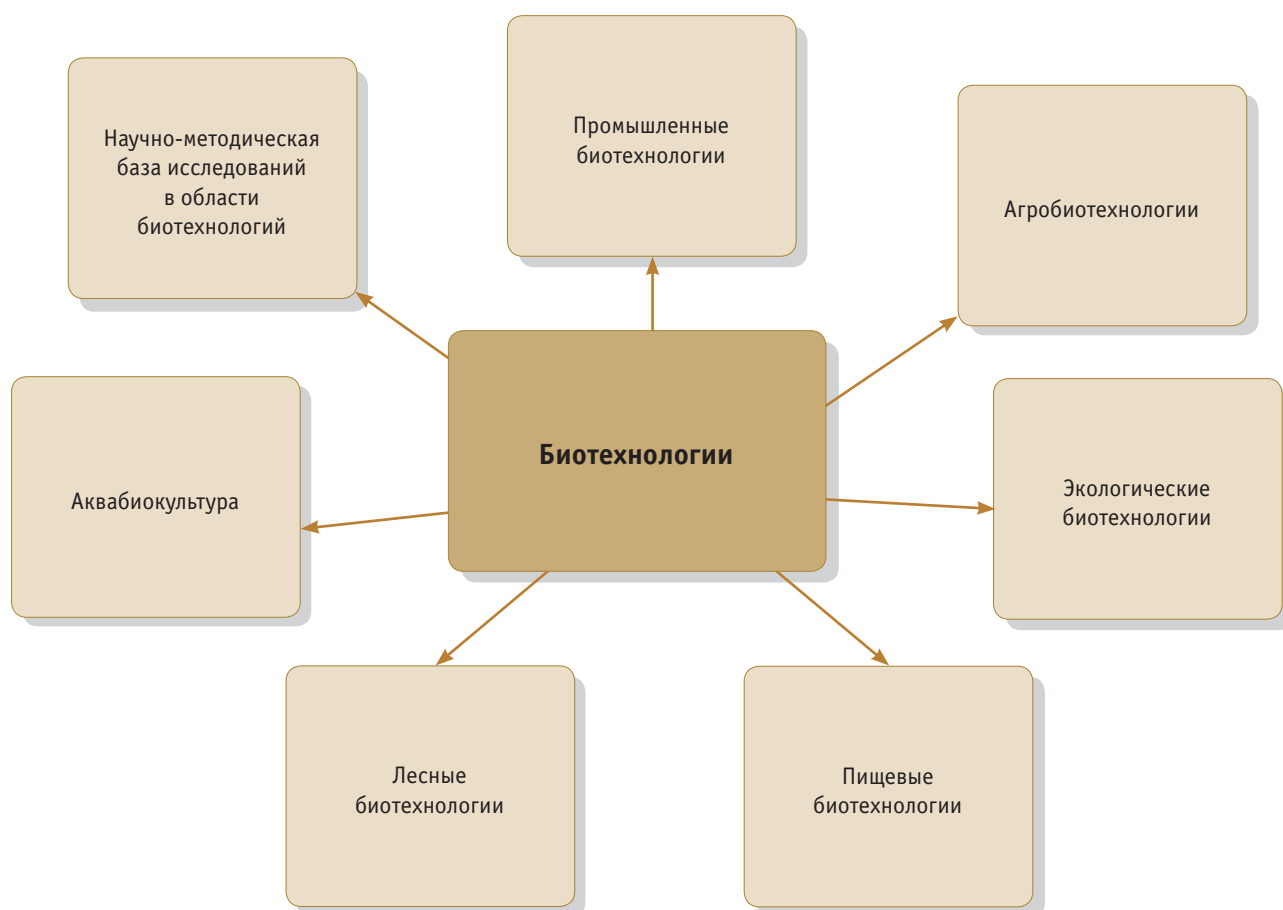
2.3. Перспективные направления научных исследований

Возможность распространения рассмотренных инновационных продуктов во многом зависит от уровня научно-технологических заделов, роль которых заметно повышается в последние годы. В качестве наиболее перспективных для России экспертами были выделены семь тематических областей прикладных исследований (рис. 2.3).

Для реализации описанных выше эффектов развития биотехнологий и занятия значимых ниш на перспективных рынках необходимо существенно повысить уровень компетенций отечественных разработчиков, который в настоящее время очень неоднороден. К числу наиболее передовых областей прикладных исследований экспертами отнесены высокопроизводительные методы анализа геномов, транскриптомов, протеомов и метаболомов; системная и структурная биология; работы по созданию штаммов микроорганизмов и микробных консорциумов для продуцирования симбиотических растительно-микробных сообществ. В то же время по ряду других направлений, таких как биотехнологические процессы получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья; методы генетической паспортизации сортов и сертификации семян растений; разработка экологически безопасных биоцидов, несмотря на наличие научных заделов, достигнутый уровень исследований остается недостаточным.

Ниже приведены приоритетные направления научных исследований и их ожидаемые результаты на период до 2030 г. в разрезе укрупненных тематических областей.

Рис. 2.3. Тематические области приоритетного направления «Биотехнологии»





2.3.1. Научно-методическая база исследований в области биотехнологий

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые методические подходы в области геномных и постгеномных технологий, системной, синтетической и структурной биологии, биоинженерии и биоинформатики.

Табл. 2.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Научно-методическая база исследований в области биотехнологий»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Высокопроизводительные методы анализа геномов, транскриптомов, протеомов и метаболомов		<p>Разработка многопараметрических методов анализа (чиповых технологий)</p> <p>Развитие методов высокопроизводительного секвенирования</p> <p>Разработка методов биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа</p> <p>Разработка методов сравнительной геномики и протеомики</p> <p>Создание высокопроизводительных роботизированных систем скрининга</p>
Системная и структурная биология		<p>Исследование структур макромолекул и их комплексов, клеточных органелл, элементов цитоскелета на разных уровнях организации клетки</p> <p>Исследование механизмов организации межклеточных взаимодействий у многоклеточных организмов, в органах и тканях</p> <p>Моделирование <i>in silico</i> структуры биомолекул и процессов, происходящих в живых системах, их анализ <i>in vitro</i> с использованием биохимических и биофизических подходов</p> <p>Анализ регуляторных элементов ДНК и эпигенетических факторов, обеспечивающих регуляцию экспрессии генов в клетках высших организмов и прокариот</p>
Синтетическая биология, метаболическая инженерия и биоинженерия		<p>Разработка методологии метаболической инженерии, системной и синтетической биологии</p> <p>Разработка методов модификации метаболических путей клетки и создания в клетках микроорганизмов биосинтетических путей, не встречающихся в природе</p> <p>Формирование моделей для создания синтетической клетки</p> <p>Разработка методов генетической инженерии и системы экспрессии для биотехнологически значимых микроорганизмов</p> <p>Испытание методов обратной генетики, в том числе трансгенеза и мутагенеза, на лабораторных животных</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование систем экспрессии в клетках эукариот, в том числе новых векторов для генной терапии</p> <p>Регуляция экспрессии генов с использованием РНК-интерференции и родственных ей механизмов</p> <p>Прижизненная визуализация биологических структур и процессов в живых системах</p> <p>Управление биологическими процессами с помощью света и других электромагнитных полей</p>
<p>Иммунобиотехнологии</p>		<p>Разработка прототипов биологически активных комплексов и сенсоров, основанных на моноклональных антителах</p> <p>Разработка новых методов иммуноскрининга</p> <p>Разработка новых средств иммунопрофилактики на основе технологий биоинженерии и методов коррекции иммунного ответа</p> <p>Исследование адаптивного иммунитета</p>
<p>Клеточные биотехнологии</p>		<p>Разработка методов идентификации и оценки эффективности ингибиторов онкологических и инфекционных заболеваний в культурах клеток</p> <p>Разработка средств предупреждения и ингибирования опухолевого роста, основанных на технологиях биоинженерии</p> <p>Разработка биотехнологических методов адресной доставки биологически активных веществ в органы и ткани</p>
<p>Исследование природного биоразнообразия</p>		<p>Исследование микроорганизмов, не культивируемых в лабораторных условиях</p> <p>Анализ метабеномов микробных сообществ</p>

2.3.2. Промышленные биотехнологии


Ожидаемые результаты заделных исследований:

- биотехнологии получения продуктов промышленного, сельскохозяйственного и медицинского назначения, включая традиционные (биологически активные соединения, продукты питания, корма для животных и др.), а также новые (рекомбинантные белки, биополимеры, продукты тонкого и основного органического синтеза, биоразлагаемые пластики), в том числе:
- реализованные на лабораторном уровне процессы получения биологически активных соединений (аминокислот, витаминов, антибиотиков, белковых и пептидных препаратов и др.), основанные на направленной модификации путей метаболизма организма-продуцента методами метаболической инженерии;



- новые способы получения химикатов, биоматериалов и других продуктов органического синтеза из возобновляемого сырья, предназначенные для замещения традиционных химических производств и создания новых продуктов и материалов с уникальными свойствами, штаммы и ассоциации микроорганизмов-продуцентов;
- перспективные ферменты для использования в биокаталитических процессах, в том числе устойчивые к экстремальным условиям реальных биотехнологических процессов (высокой температуре, кислотности или щелочности, присутствию солей, органических растворителей и т.д.), искусственные белки с улучшенными функциональными характеристиками, полученные с помощью рационального дизайна и направленной эволюции;
- штаммы микроорганизмов – продуценты биологически активных веществ (био-пестицидов, биоинсектицидов и др.) для создания биологических средств защиты растений;
- перспективные штаммы микроорганизмов и микробные ассоциации для использования в биогеотехнологических процессах создания микробных источников электричества;
- опытные образцы новых источников непищевой биомассы с улучшенными характеристиками (быстрорастущие деревья и водные растения, микроводоросли и др.) для использования в качестве сырья, разработанные с применением биотехнологий;
- биотехнологические процессы использования микроорганизмами газообразных субстратов, в том числе синтез-газа и CO₂, на базе новых штаммов и принципов ферментации.

Табл. 2.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Промышленные биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Биосинтетические процессы получения биологически активных соединений		<p>Секвенирование и аннотация геномов микроорганизмов, в первую очередь промышленно значимых</p> <p>Скрининг и исследование микроорганизмов с биотехнологически значимыми свойствами</p> <p>Исследование регуляции метаболических путей, включая измерение потоков углерода и активности ключевых ферментных систем</p> <p>Исследование общих систем регуляции микробной клетки (молекулярная физиология) на основе анализа транскриптома, протеома и метаболома</p> <p>Развитие генетики промышленных микроорганизмов – продуцентов аминокислот, витаминов, токсинов, антибиотиков и других биологически активных соединений; разработка научно-методической базы, обеспечивающей направленное изменение метаболизма микроорганизмов с целью достижения сверхсинтеза клеточных метаболитов, обладающих высоким рыночным потенциалом (создание клеточных фабрик)</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методологии интеграции генетического материала в геномы микроорганизмов</p> <p>Создание кассет, обеспечивающих регулируемую экспрессию генов на различных уровнях</p> <p>Создание научно-технологического задела в области биосинтеза биологически активных клеточных метаболитов</p> <p>Создание нового поколения штаммов – продуцентов аминокислот, витаминов, ферментов</p> <p>Разработка методов управляемого культивирования штаммов-продуцентов</p> <p>Исследование возможности создания в клетках микроорганизмов биосинтетических путей, не встречающихся в природе (de novo), методами синтетической биологии</p> <p>Конструирование штаммов с измененными или созданными de novo метаболическими путями, обеспечивающими синтез биопродуктов</p>
<p>Ферменты и их использование в биокаталитических процессах</p>		<p>Скрининг ферментов с заданными характеристиками в природных популяциях и коллекциях, а также поиск ферментов в базах данных</p> <p>Исследование механизмов биокатализа, выявление физико-химических закономерностей, лежащих в основе ускорения химических реакций биокатализаторами</p> <p>Разработка искусственных катализаторов, использующих принципы биокатализа</p> <p>Исследование пространственной структуры биокатализаторов методами структурной биологии (рентгеноструктурный анализ, ядерно-магнитный резонанс и др.) и компьютерного моделирования</p> <p>Направленная эволюция ферментов и их рациональный дизайн методами направленного мутагенеза с целью улучшения их характеристик: повышения активности, стабильности, изменения специфичности и др.</p> <p>Создание рекомбинантных ферментов с улучшенными технологическими свойствами, в том числе осуществляющих несколько последовательных реакций</p> <p>Исследование механизмов секреции ферментов из клеток микроорганизмов и оптимизация этих процессов</p> <p>Разработка новых методов выделения и очистки биокатализаторов, их иммобилизации и стабилизации, использования в нетрадиционных и неводных средах</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание высокоактивных штаммов – продуцентов наиболее востребованных технических, кормовых и пищевых ферментов: целлюлаз, бета-глюканаз, ксиланаз, гемицеллюлаз, фитаз, пектиназ, амилаз, липаз, протеаз, нитрилгидратаз и др.</p> <p>Разработка биокатализаторов (оксидоредуктазы, лигазы, синтазы и др.), используемых для создания сенсорных устройств, для получения синтонов в процессах тонкого органического синтеза и т.д.</p> <p>Поиск ферментов, устойчивых к экстремальным условиям реальных биотехнологических процессов (высокой температуре, кислотности или щелочности, присутствию солей, органических растворителей и т.д.)</p> <p>Использование высокопроизводительного скрининга для поиска мутантных вариантов ферментов с уникальными каталитическими свойствами, конструирование штаммов методами генетической инженерии, рационального дизайна и направленной эволюции ферментов</p> <p>Разработка методов управляемого культивирования штаммов для достижения максимального урожая биомассы с высоким уровнем активности</p> <p>Создание готовых форм ферментных препаратов для последующего применения в различных областях</p>
<p>Процессы получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья</p>		<p>Разработка подходов к новым процессам биосинтеза при экстремальных условиях (высокой или низкой температуре, кислотности и др.) для получения промышленно значимых биопродуктов</p> <p>Создание высокопродуктивных штаммов микроорганизмов, синтезирующих полимеры или мономеры, для дальнейшего получения полимеров, пригодных для изготовления изделий, разлагающихся в условиях окружающей среды без образования вредных продуктов</p> <p>Создание научно-технологического задела и разработка технологий получения биоматериалов и продуктов тонкого и основного органического синтеза из возобновляемого сырья, а также их выделения и очистки</p>
<p>Ресурсная база промышленной биотехнологии</p>		<p>Диверсификация источников возобновляемой биомассы для использования в биотехнологических производствах и процессах улучшения качества возобновляемого (растительного) сырья (к перспективным источникам биомассы следует отнести быстрорастущие растения, одноклеточные водоросли, растения с измененной структурой клеточной стенки, сельскохозяйственные и муниципальные отходы и т.д.; новым сырьем для промышленной биотехнологии является синтез-газ, в который может быть конвертирована любая биомасса путем пиролиза)</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Поиск и создание методами селекции и генетической инженерии новых разновидностей и сортов (биотехнологических/биоэнергетических) растений и водорослей, используемых в качестве сырья для биотехнологических процессов</p> <p>Разработка методов микробиологической трансформации синтез-газа</p> <p>Разработка методов культивирования, сбора, предобработки и биотрансформации возобновляемой биомассы (быстрорастущие растения, водоросли и т.д.)</p> <p>Разработка новых методов увеличения биодоступности (предобработки) лигноцеллюлозного сырья, утилизации и трансформации лигнина</p> <p>Разработка технологий использования сельскохозяйственных и бытовых (муниципальных) отходов в качестве сырья для получения биотехнологических продуктов с высокой добавленной стоимостью</p>
<p>Новые технологии получения, выделения и очистки биопродуктов</p>		<p>Моделирование процессов разделения в сложных многокомпонентных биотехнологических средах</p> <p>Разработка новых материалов (мембранных, хроматографических и др.), используемых в процессах сепарации и очистки</p> <p>Разработка непрерывных методов разделения, выделения и очистки биопродуктов</p> <p>Масштабирование процессов разделения, выделения и очистки, разработка технологий, процессов и аппаратов для использования в биотехнологическом производстве</p>
<p>Биогеотехнологии</p>		<p>Исследование метаболизма штаммов микроорганизмов, структуры и динамики микробных сообществ и консорциумов, используемых в биогеотехнологических процессах</p> <p>Моделирование физико-химических и биологических процессов, происходящих в микробных сообществах и окружающей среде, для целей и задач биогеотехнологии</p> <p>Поиск новых перспективных микроорганизмов для целей биогеотехнологии</p> <p>Разработка биотехнологических методов интенсификации процессов извлечения металлов из руд, рудных концентратов и горных пород</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка микробиологических методов удаления нежелательных примесей из добываемых полезных ископаемых</p> <p>Разработка методов увеличения нефтеотдачи пластов</p> <p>Разработка биотехнологических методов борьбы с коррозией трубопроводов различного назначения</p> <p>Разработка технологий снижения загазованности метаном угольных шахт</p>

2.3.3. Агробиотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- повышение эффективности сельскохозяйственного производства за счет современных методов управления генетическими ресурсами сельскохозяйственных растений, животных и микроорганизмов;
- инновационные биологические средства защиты растений и повышение их продуктивности;
- новые биопродукты промышленного и медицинского назначения, созданные с использованием растений и животных – биофабрик.

Табл. 2.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Агробиотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Создание новых высокопродуктивных, устойчивых к патогенам и неблагоприятным условиям окружающей среды сортов и гибридов сельскохозяйственных растений с использованием биотехнологий		<p>Идентификация генов и исследование молекулярно-генетических механизмов, обуславливающих хозяйственно ценные признаки растений (устойчивость к стрессовым факторам, в том числе фитопатогенам, высокое качество урожая), а также поиск маркеров различных патогенов</p> <p>Расшифровка геномов важнейших сельскохозяйственных растений</p> <p>Разработка методов получения высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений с использованием новейших технологий производства исходного гомозиготного и рекомбинантного материала, генетических маркеров в селекции, генетической инженерии растений</p> <p>Разработка методов трансформации и эффективных способов доставки, а также конструкций, обеспечивающих экспрессию гетерологичного генетического материала</p> <p>Разработка методов гаплоидии и получения в короткие сроки гомозиготных исходных линий</p>

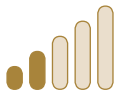


(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Усовершенствование племенной работы путем использования методов геномной селекции сельскохозяйственных животных; создание баз данных, содержащих информацию о геноме пород сельскохозяйственных животных, для внедрения в племенную работу технологий клонирования и генетической паспортизации</p>		<p>Анализ геномов, идентификация генов-кандидатов локусов полезных количественных признаков, исследование молекулярных механизмов формирования продуктивности животных</p> <p>Разработка методологии молекулярной селекции и технологий выделения и поддержания биологического материала как формы сохранения уникальных генотипов и генетических ресурсов</p> <p>Идентификация и исследование селекционно значимых полиморфизмов, ассоциированных с количественными и качественными показателями продуктивности</p> <p>Разработка методов генетической паспортизации и диагностических тест-систем, позволяющих определять на геномном уровне племенную ценность животных</p> <p>Разработка способов тиражирования выдающихся генотипов путем клонирования</p> <p>Разработка методологии направленного изменения генома индивидуумов с целью создания новых селекционных форм и расширения спектра производимой продукции</p> <p>Разработка технологии создания животных – продуцентов рекомбинантных белков (в молоке и т.п.)</p> <p>Создание новых пород животных с помощью молекулярных технологий, систем управления генетическим потенциалом продуктивности и качества продукции животноводства и птицеводства</p>
<p>Методы генетической паспортизации сортов и сертификации семян растений</p>		<p>Разработка методов генетической паспортизации сортов сельскохозяйственных растений, основанных на использовании молекулярных маркеров сортов</p> <p>Разработка методов сертификации семян, включающих молекулярную идентификацию сорта и детекцию потенциальных загрязнений (патогенов и др.)</p>
<p>Прототипы инновационных лекарственных средств и кандидатные вакцины перорального применения для животных</p>		<p>Анализ геномов возбудителей особо опасных болезней продуктивных животных</p> <p>Исследование эволюции и путей распространения инфекционных агентов по результатам филогенетического анализа их изолятов</p> <p>Конструирование ДНК-вакцин, содержащих одновременно фрагменты ДНК нескольких штаммов различных возбудителей, разработка способов их применения</p> <p>Создание принципиально новых профилактических и лечебных препаратов на основе исследования молекулярных механизмов патогенности вирусов и бактерий, их иммунорегуляторного репертуара</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание тест-систем, обеспечивающих высокопроизводительный приборный учет исследуемых проб органов и тканей животных на наличие возбудителей наиболее опасных для животноводства и птицеводства заболеваний</p> <p>Создание рекомбинантных вакцин против возбудителей инфекционных заболеваний животных и разработка технологий их получения</p> <p>Использование моно- и биспецифических моноклональных антител в серодиагностике</p> <p>Создание систем селективной очистки и концентрирования возбудителей инфекционных болезней в объектах ветеринарного надзора</p> <p>Исследование новых адъювантов и иммуностимуляторов</p> <p>Совершенствование методов оценки применения противобактериальных и противовирусных препаратов</p> <p>Совершенствование вакцин перорального применения для массовой вакцинации животных</p>
<p>Новые молекулярно-генетические методы диагностики патогенов растений и животных, биологические средства борьбы с патогенами</p>		<p>Поиск и исследование маркеров устойчивости растений к патогенам</p> <p>Расшифровка геномов важнейших фитопатогенов, актуальных для сельского хозяйства России</p> <p>Разработка тест-систем для детекции карантинных патогенов на всех этапах производства сельскохозяйственных растений: от пробирочных до полевых</p> <p>Разработка высокоточных молекулярно-генетических методов диагностики вредных организмов и конструирования новых биологических агентов для защиты растений</p> <p>Разработка полифункциональных биологических препаратов на основе ассоциаций полезных микроорганизмов и рекомбинантных микроорганизмов – продуцентов препаратов для защиты растений</p> <p>Поиск новых токсинов полипептидной природы с селективным действием на насекомых – вредителей сельскохозяйственных культур</p> <p>Клонирование генов селективных инсектотоксинов и получение их продуцентов на основе бактерий</p> <p>Разработка технологий получения и применения экологически безопасных биологических средств защиты растений от вредителей, возбудителей болезней и сорных растений для промышленного производства сельскохозяйственной продукции, а также для применения в курортных, особо охраняемых и водоохранных зонах</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Штаммы микроорганизмов и микробные консорциумы для создания симбиотических растительно-микробных сообществ, обеспечивающих питание растений минеральными веществами и их защиту от патогенов</p>		<p>Определение генетической структуры микробных сообществ основных типов почв с целью выявления ключевых групп генов и геномов, определяющих базовые процессы почвообразования (круговорот макроэлементов, метаболизм гумусовых веществ, стабильность биологических свойств при действии глобальных изменений климата) и развития растений (азотное и фосфорное питание, защита от патогенов, способность поддерживать гомеостаз в условиях природных и антропогенных стрессов)</p> <p>Определение структуры симбиогенома растений, обуславливающего интеграцию полезной микрофлоры, для формирования экологически эффективных и самодостаточных микробно-растительных систем</p> <p>Генетическое конструирование и биоинженерия многокомпонентных и полифункциональных микробиомов растений, обеспечивающих мобилизацию трофических ресурсов почвы (оптимальное азотное и фосфорное питание основных сельскохозяйственных культур), их защиту от вредителей и устойчивое развитие в условиях глобальных изменений климата (температурного и водного баланса, засоления) и загрязнения биосферы</p> <p>Разработка методов молекулярного мониторинга почв сельскохозяйственного назначения, позволяющих прогнозировать динамику основных параметров их биологического потенциала</p> <p>Разработка методологии широкомасштабной интродукции полезных микроорганизмов в почвы, а также на поверхность и в ткани растений, возделываемых в различных почвенно-климатических зонах России</p> <p>Разработка новых способов управления развитием и адаптивными функциями сельскохозяйственных культур в экологически устойчивых агроценозах с использованием сигнальных молекул, синтезируемых микроорганизмами в промышленных условиях</p> <p>Создание новых форм ферментов, полезных для микробно-растительных систем, обеспечивающих адаптивный потенциал основных сельскохозяйственных культур</p> <p>Разработка технологии культивирования штаммов-продуцентов и создание новых форм биопрепаратов для земледелия (ростстимулирующего и фитозащитного действия) с целью повышения конкурентоспособности товарной продукции, устойчивости использования природных ресурсов и расширения площади посевов сельскохозяйственных культур на основе органического земледелия</p> <p>Создание микробных препаратов и технологий их применения для переработки и/или утилизации отходов сельскохозяйственного производства</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Биотехнологические процессы получения биопродуктов промышленного и медицинского назначения в растениях		Разработка новых технологий получения рекомбинантных белков, в том числе вакцин, в растениях-биофабриках

2.3.4. Экологические биотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:


- системы мониторинга загрязнения окружающей среды на основе биотехнологий;
- восстановление экосистем с использованием живых организмов – биодеструкторов;
- защита материалов и технических объектов от биоповреждений и биокоррозии.

Табл. 2.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Экологические биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые верифицированные методики биотестирования и биоиндикации с повышенной чувствительностью и селективностью для определения загрязнений в окружающей среде, штаммы организмов-биосенсоров		<p>Выявление новых тест-объектов биомониторинга и биотестирования</p> <p>Исследование индикаторной значимости организмов, их адаптационных способностей к действующим загрязняющим веществам в различных условиях</p> <p>Разработка методов и критериев оценки состояния биоиндикаторов по их физиологическому состоянию и морфологическим изменениям в ходе онтогенеза</p> <p>Создание и внедрение эффективных биотест-систем, в том числе экспрессных, на основе биологического материала и живых организмов</p> <p>Разработка биосенсоров, позволяющих быстро и селективно определять качество и количество загрязнений в природных системах</p> <p>Разработка методов выявления отклика биосферы на антропогенное воздействие на разных уровнях живого: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и в сообществах</p>
Новые методики очистки вод, грунтов и воздуха с использованием эффективных организмов – биоремедиаторов		<p>Выявление новых эффективных живых организмов – биодеструкторов загрязняющих веществ, изучение особенностей их биологии</p> <p>Разработка методов получения биомассы организмов-деструкторов, способов их хранения и использования</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование метаболического потенциала биологических объектов, позволяющего использовать их в экибиотехнологической сфере</p> <p>Разработка технологии биоремедиации: создание методов очистки вод, грунтов и воздуха с использованием метаболического потенциала биологических объектов</p> <p>Разработка биотехнологических методов ликвидации последствий вредного воздействия на окружающую среду, техногенных катастроф (разливов нефти, радиоактивных загрязнений, аварий на химических производствах и т.д.)</p>
<p>Экологически безопасные биоциды для защиты технических объектов от организмов-деструкторов</p>		<p>Исследование механизмов биоповреждений материалов, изделий и сооружений отдельными видами макро- и микроорганизмов</p> <p>Разработка экологически безопасных биоцидов и экибиотехнологических методов защиты от биоповреждений и биокоррозии</p> <p>Исследование влияния биологических факторов на материалы и технические объекты</p> <p>Разработка основ ускоренных лабораторных и натуральных испытаний материалов, изделий и средств защиты от биокоррозии и биоповреждений</p> <p>Исследование состава и динамики сообществ организмов, вызывающих биокоррозию</p> <p>Разработка биотехнологических способов защиты от повреждающих микроорганизмов, водорослей, грибов, беспозвоночных животных и других живых организмов – деструкторов технических поверхностей</p>

2.3.5. Пищевые биотехнологии


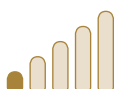
Ожидаемые результаты заделных исследований:

- системы оценки безопасности новых и традиционных источников пищи и ее ингредиентов, методов переработки пищевого сырья, функциональных пищевых продуктов, продуктов детского питания, диетических, лечебных, продуктов с пониженной аллергенностью, а также биологически активных добавок к пище, в том числе:
 - экспериментальные образцы приборов для высокочувствительного экспрессного определения загрязняющих веществ (ксенобиотиков, грибных и бактериальных токсинов, пестицидов, ветеринарных препаратов и т.д.) в пищевых продуктах и сырье;





- методы контроля аутентичности пищевых продуктов, основанные на определении специфических биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков и др.), реализованные на лабораторном уровне;
- экспериментальные образцы новых пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов, новые штаммы молочнокислых и других технологических микроорганизмов, микробные консорциумы с заданными биологическими свойствами и оптимизированными технологическими характеристиками;
- биотехнологические процессы получения биологически активных веществ, полезных белковых продуктов и ингредиентов из отходов и малоценных продуктов переработки сырья растительного и животного происхождения.

Табл. 2.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Пищевые биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Обеспечение безопасности пищевых продуктов		<p>Изучение влияния новых и нетрадиционных источников пищи на здоровье человека и механизмов взаимодействия нутриома (макро-, микронутриентов и минорных биологически активных компонентов пищи) с организмом человека</p> <p>Идентификация рисков новых и нетрадиционных пищевых продуктов, основанная на использовании методов высокопроизводительного скрининга метаболических процессов (омик-технологии)</p> <p>Разработка методов для мультипараметрического контроля содержания в пищевых продуктах и сырье химических загрязняющих веществ (грибных и бактериальных токсинов, пестицидов и ветеринарных препаратов)</p> <p>Разработка методов экспрессного выявления бактериального заражения пищевых продуктов и сырья</p> <p>Разработка комплекса методов для подтверждения аутентичности пищевых продуктов, в том числе видовой идентификации используемого сырья, основанных на определении специфических биологических макромолекул (нуклеиновых кислот, белков и др.)</p> <p>Исследование кумулятивного действия подпороговых концентраций загрязняющих веществ с учетом особенностей пищевых продуктов</p> <p>Разработка методических подходов к интегральной оценке безопасности продукции, содержащей несколько видов загрязняющих веществ</p>
Технологии пищевого белка		<p>Исследование физико-химических и биологических свойств пищевого белка и белковых композиций, полученных из сырья растительного и животного происхождения</p>




(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методов тестирования биологических свойств пищевого белка и пищевых композиций на молекулярном, клеточном и организменном уровнях</p> <p>Создание научно-методической базы для направленного получения белковых композиций с заданными свойствами и аналитической платформы для их тестирования</p> <p>Создание технологического оборудования для глубокой конверсии побочных продуктов и отходов переработки сырья растительного и животного происхождения с целью извлечения максимального количества пищевого белка и получения белковых композиций заданного состава</p>
<p>Биотехнологические подходы к производству пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков, заквасок и пищевых ингредиентов</p>		<p>Скрининг микроорганизмов и поиск новых пробиотиков и синбиотиков, изучение их физиологических функций и метаболических путей, характеристика структуры и свойств продуцируемых ими биологически активных соединений</p> <p>Исследование геномов молочнокислых бактерий, поиск, селекция и создание высокоактивных штаммов молочнокислых и других технологических микроорганизмов с заданными биологическими свойствами и оптимизированными характеристиками</p> <p>Разработка биокаталитических и генно-инженерных способов получения пищевых ингредиентов (в том числе витаминов и функциональных смесей), методов оценки их безопасности и эффективности</p> <p>Исследование функциональных свойств продуктов, полученных на основе биологически активных соединений и биокомпозиций (пищевых продуктов, пищевых добавок и функциональных пищевых ингредиентов, биологически активных добавок и медицинских биологических препаратов)</p> <p>Создание стартерных культур и высококонцентрированных заквасок на основе новых пробиотиков для промышленной и медицинской биотехнологии</p> <p>Разработка технологий получения целевых продуктов с заданными свойствами на основе биологически активных соединений и композиций</p>
<p>Функциональные и специализированные пищевые продукты</p>		<p>Выявление эффективных биомаркеров для объективной оценки обеспеченности организма человека пищевыми веществами и персонализации рекомендаций по питанию</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование особенностей метаболизма и потребностей человека в пищевых веществах и энергии в экстремальных состояниях</p> <p>Разработка методологии коррекции патологических состояний с использованием функциональных и специализированных пищевых продуктов и формирование медико-биологических требований по их использованию в рационе различных групп населения</p> <p>Изучение метаболических превращений функциональных пищевых продуктов и ингредиентов, создание стратегии исследования их влияния на жизненно важные функции организма</p> <p>Разработка методов оценки безопасности и биологической эффективности, способов тестирования функциональных свойств пищевых продуктов и ингредиентов</p> <p>Создание научно-методической базы для направленного получения новых пищевых продуктов и ингредиентов с заданными свойствами</p> <p>Разработка технологического оборудования для проведения биокаталитической конверсии и/или синтеза для получения новых пищевых ингредиентов с заданными функциональными свойствами и пищевых продуктов на их основе</p>
Переработка пищевого сырья и отходов		<p>Скрининг перспективных источников биологически активных веществ (витаминов, антиоксидантов, полиненасыщенных жирных кислот, полифенольных соединений, биологически активных пептидов и др.) среди вторичных малоценных продуктов переработки сырья растительного и животного происхождения</p> <p>Разработка и оптимизация методов глубокой переработки малоценного сырья растительного и животного происхождения для извлечения из него биологически активных соединений и/или направленной модификации их структуры для повышения функциональных и потребительских свойств, а также биологической ценности</p>

2.3.6. Лесные биотехнологии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые формы древесных растений с заданными признаками, посадочный материал;
- методы оценки качества семенного материала, мониторинга фитосанитарного состояния питомников и лесных насаждений;
- методы глубокой переработки древесины и утилизации отходов лесопиления;
- современная система управления лесонасаждениями (с привлечением методов ДНК-маркирования);
- биологические средства защиты леса.



Табл. 2.7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Лесные биотехнологии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты исследований и разработок
<p>Создание новых сортов древесных растений с улучшенными характеристиками (структурой древесины, устойчивостью к фитопатогенам, скоростью роста и др.) с использованием биотехнологий</p>		<p>Исследование процессов органогенеза и эмбриогенеза древесных растений в условиях <i>in vitro</i>, разработка новых способов культивирования <i>in vitro</i> растительного материала</p> <p>Генетический анализ, картирование и секвенирование геномов древесных растений, в том числе на основе создания инбредных (гомозиготных) коллекций с помощью гаплоидных технологий</p> <p>Разработка методов молекулярной селекции древесных растений</p> <p>Разработка научных основ биотехнологий для управления лесонасаждениями</p> <p>Изучение физиологических и генетических аспектов покоя древесных растений в условиях <i>in vitro</i></p> <p>Гаплоиды, гомозиготные диплоиды и полиплоидизация как метод создания новых генотипов и сортов лесных пород</p> <p>Создание банков <i>in vitro</i> редких и исчезающих видов лесных растений</p> <p>Клональное микроразмножение редких и исчезающих видов лесных древесных и недревесных растений для создания резерватов генетически ценных форм деревьев с целью повышения качества посадочного материала</p> <p>Мониторинг состояния и оценка генетического разнообразия лесных ресурсов на основе анализа ДНК</p> <p>Молекулярное (ДНК) маркирование, направленное на решение прикладных задач лесного сектора: совершенствование принципов и методов лесосеменного районирования, генетическая паспортизация и сертификация семян, мониторинг фитосанитарного состояния питомников и лесонасаждений, контроль законности происхождения древесины</p> <p>Создание биотехнологических форм деревьев с заданными признаками: пониженным содержанием лигнинов, устойчивостью к гербицидам и др.</p>
<p>Микробиологические средства защиты леса от вредителей и патогенов</p>		<p>Клональное микроразмножение растений (включая гаметический и соматический эмбриогенез) для селекции и производства устойчивых к вредителям и патогенам форм высококачественного посадочного материала</p> <p>Создание устойчивых форм лесных пород и средств защиты от вредителей и фитопатогенов биотехнологическими методами</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты исследований и разработок
		<p>Разработка технологий мониторинга фитосанитарного состояния лесонасаждений</p> <p>Разработка технологий крупнотоннажного производства биологических препаратов для защиты леса</p>
Перспективные биотехнологические процессы комплексной переработки древесной биомассы и ее отдельных компонентов, реализованные на лабораторном уровне		<p>Создание нового поколения волокнистых полуфабрикатов и целлюлозных композиционных материалов</p> <p>Выделение лигнина и гемицеллюлоз с последующим синтезом продуктов с высокой добавленной стоимостью</p> <p>Разработка экологически безопасной технологии получения наноразмерной целлюлозы и изготовление на ее основе конструкционных композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами</p> <p>Разработка и внедрение технологий комплексной переработки древесной биомассы с применением новых технологических процессов получения продуктов глубокой переработки (биотоплива, биохимикатов)</p>

2.3.7. Аквабиокультура

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- эффективные продукты из гидробионтов Мирового океана и внутренних водоемов (рыб, моллюсков, ракообразных, иглокожих, водорослей, микроорганизмов);
- системы комплексной переработки гидробионтов и производство на их основе востребованной продукции пищевого, кормового, ветеринарного и медицинского назначения.

Табл. 2.8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Аквабиокультура»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Идентификация новых практически ценных биомолекул гидробионтов (ферментов, белков и пептидов, вторичных метаболитов, полисахаридов бактерий, архей, водорослей, жирных кислот и липидов водорослей) с использованием геномных и постгеномных технологий, методы получения биополимеров и новых материалов из гидробионтов		<p>Исследование специфических белков и ферментов гидробионтов</p> <p>Использование методов биоинформатики для идентификации новых биомолекул в гидробионтах (биокатализаторов, белков и пептидов, вторичных метаболитов, полисахаридов бактерий, архей, водорослей, жирных кислот и липидов микроводорослей)</p> <p>Метагеномные исследования водных микро- и макробионтов</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Методы культивирования клеточных линий морских организмов и микробных симбионтов – продуцентов биологически активных соединений, реализованные на лабораторном уровне</p>		<p>Разработка инновационных методов культивирования клеточных линий позвоночных и беспозвоночных морских организмов, а также микробных симбионтов для получения биологически активных соединений</p> <p>Разработка методов молекулярной селекции гидробионтов</p> <p>Разработка новых и совершенствование существующих биотехнологий кормопроизводства и разведения ценных рыб и морепродуктов</p> <p>Исследование морских экосистем и выявление новых объектов культивирования</p> <p>Разработка и тестирование новых кормов и новых методов кормления рыб и других гидробионтов</p>
<p>Методы молекулярной селекции гидробионтов для получения высокопродуктивных объектов аквакультуры</p>		<p>Совершенствование селекционно-племенной работы с целью выведения высокопродуктивных объектов аквакультуры</p> <p>Проведение геномного анализа гидробионтов и морских микроорганизмов</p> <p>Поиск штаммов микроводорослей и методов их культивирования, оптимальных для производства биотоплива</p> <p>Разработка комплексной промышленной технологии (с замкнутым циклом) получения биологически активных веществ из малоиспользуемых гидробионтов и отходов производства непосредственно в местах вылова</p> <p>Создание биопрепаратов из гидробионтов для повышения сопротивляемости организма воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, лечения и предупреждения ряда социально значимых и опасных заболеваний</p> <p>Проведение медико-биологических исследований и разработка нормативной документации пептидных препаратов из органов и тканей гидробионтов, обладающих иммуностимулирующими, антиоксидантными и другими свойствами</p> <p>Создание биологических субстанций и композиций, функциональных пищевых продуктов и биологически активных пищевых добавок на основе сырья гидробионтов</p> <p>Исследование свойств полисахаридов из ракообразных и других гидробионтов с целью их применения в практической медицине и народном хозяйстве</p>



3 МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

3.1. Вызовы и окна возможностей

Повышение качества и продолжительности жизни населения – важнейший приоритет государственной политики, показатель эффективности социально-экономического развития страны и ее национальной безопасности.

Ключевыми факторами развития медицины и здравоохранения становятся старение населения; увеличение распространенности онкологических, сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний, болезней обмена веществ, патологий мозга; связанные с этим значимые показатели смертности. Названные вызовы обуславливают появление новых рынков, динамика которых будет определяться потребностями в новых способах диагностики и лечения, неинвазивных надежных экспресс-технологиях мониторинга в домашних условиях, дистанционных методах предоставления медицинских услуг, характеризующихся профилатической направленностью, безопасностью и высокой эффективностью.

В мире сформировался устойчивый спрос на новое качество жизни, включая возможности компенсации утраченной функции организма, органа или его части. Следствием этого стал активный рост рынков биотехнологий и услуг высокотехнологичной и персонализированной медицины. Дальнейший прогресс в области биоинформационных, постгеномных и протеомных технологий предоставит медицине возможность персонализации терапевтического воздействия: назначение необходимого лекарства будет осуществляться на основании анализа индивидуальных особенностей пациента. По экспертным оценкам, не менее половины новых лекарств, которые должны появиться на мировом рынке к 2015 г., будут иметь фармакогенетические характеристики.

Прогресс в сфере технологий анализа структуры и функций биологических молекул и клеток стал причиной высоких темпов развития биомедицины. Технологический вектор направлен на рост производительности процессов, прецизионности и разрешения приборов и оборудования для получения необходимого объема информации заданного качества. Это порождает потребность в совершенствовании информационных технологий, в первую очередь в области анализа мегаданных.

На рис. 3.1 в обобщенном виде показаны вызовы и окна возможностей, которые определяют перспективы развития приоритетного направления «Медицина и здравоохранение» в контексте соответствующих глобальных трендов.

Под влиянием *роста онкологической заболеваемости и смертности* во всем мире стали активно развиваться технологии ранней диагностики онкопатологий. Современные диагностические методы и оборудование дают возможность выявить болезнь на начальной стадии, благодаря чему значительно увеличиваются шансы пациентов на выздоровление. Дальнейшее усиление данного вызова будет стимулировать спрос на новые технологические решения в области диагностики и терапии онкологических болезней, что, в свою очередь, приведет к расширению существующих продуктовых групп и появлению новых.

Все более значимым становится вызов, связанный с *ростом уровня смертности вследствие сердечно-сосудистых заболеваний*. Пациенты с таким диагнозом требуют постоянного мониторинга, соответственно, прогнозируется развитие рынка систем удаленного контроля, повышение спроса на услуги и средства, направленные на предупреждение обострений



Рис. 3.1.1. Медицина и здравоохранение: вызовы и огни возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.

и ликвидацию их последствий. В средне- и долгосрочном периодах ожидается снижение удельной доли рассматриваемых заболеваний в общем показателе смертности, однако для достижения желаемого результата необходимы консолидация усилий в сфере науки и технологий, а также институциональные преобразования.

Распространение заболеваний, связанных с низким уровнем гигиены, обусловлено увеличением плотности населения, образом жизни и низкой производственной культурой. Высокую актуальность в этих условиях приобретает разработка простых диагностических тест-систем и диагностического оборудования для клинических лабораторий, в частности, для выявления туберкулеза и гельминтозов, уровень заболеваемости которыми в России значительно выше среднемирового.

Масштабная урбанизация и связанные с ней изменения среды и условий жизни оказывают негативное воздействие на человека, выступая причиной *распространения болезней больших городов*. Эта проблема особенно актуальна для развитых стран с высоким ритмом жизни. Снижение физических нагрузок и психологические стрессы становятся предпосылкой патогенеза большого количества болезней. Сам по себе фактор «большого города» определяет группы риска, размер которых ежегодно увеличивается. Создание методов профилактики стресс-обусловленных патологий рассматривается в качестве важнейшей задачи биомедицинской науки.

Увеличение продолжительности жизни приводит к возникновению новой группы *заболеваний, связанных со старением населения*. Дальнейшее усиление этой тенденции будет способствовать росту рынков препаратов пожизненного применения, распространению технологий и продуктов для удаленного мониторинга состояния здоровья. Ожидается увеличение спроса на новые материалы, прежде всего для ортопедии, а в долгосрочной перспективе – расширение рынка биodeградируемых материалов.

Персонализированная медицина предполагает изменение основной парадигмы медицины: на смену «лечения болезни» должно прийти «лечение пациента». Речь идет о новых методах мониторинга, диагностики, профилактики и терапии. В диагностике персонализация подходов будет порождать спрос на высокопроизводительные лабораторные технологии молекулярного скрининга и анализа структуры биологических макромолекул. Особенно востребованными в ближайшем будущем окажутся технологии геномного скрининга, в средне- и долгосрочном периодах – высокопроизводительные технологии белкового профилирования.

В области средств терапии прогнозируется значительный рост рынков лекарств на основе антител, а также *таргетных препаратов*. Кроме того, развиваются новые комбинированные методы таргетного лечения с применением клеточных и генетических подходов. В целом, персонализированная медицина будет стимулировать развитие высокопроизводительных и высокоспецифичных технологий.

Ожидается дальнейший *рост потребностей в материалах с новыми свойствами*: искусственные материалы часто становятся единственным средством для восстановления функции того или иного органа либо системы (при шунтировании, стентировании, замене клапанов сердца, сосудов, эндопротезировании и др.), они активно используются в производстве медицинских инструментов и оборудования. Перспективны работы по созданию нанотехнологических заделов в области биоситаллов – материалов с высокой степенью биосовместимости и способностью срачиваться с живой костной тканью благодаря биологической активности и эффекту «памяти формы».

Растущий спрос на дистанционные методы диагностики и контроля в среднесрочной перспективе может быть удовлетворен путем активного внедрения информационно-коммуникационных технологий, в частности телемедицины, обеспечивающей проведение консультаций, манипуляций и процедур на расстоянии (врач и пациент могут при этом находиться в разных городах и даже странах). Прогресс этого направления в диагностике позволит создать системы постоянного слежения за определенными группами больных для



оказания им неотложной помощи, в том числе с использованием приборов «домашней медицины». Благодаря широкому внедрению новых систем могут быть снижены сроки амбулаторного наблюдения за пациентами и их пребывания в стационаре. Развитие дистанционных технологий особенно важно для России с ее огромной территорией, неравномерным распределением населения и концентрацией ведущих специалистов-медиков в крупных городах. Актуальной станет и разработка неинвазивных систем контроля, которые исключают изъятие биологических образцов.

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

- высокая смертность вследствие сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, травм и отравлений;
- недостаточная эффективность существующих мер по предупреждению инфекционных заболеваний;
- неэффективная система реабилитации;
- высокая стоимость лекарственной терапии социально значимых заболеваний;
- высокий уровень алкоголизации населения, в том числе молодежи;
- параллельный всплеск «болезней нищих» (туберкулеза, педикулеза и т.п.) и «болезней богатых» (стрессов, нервных патологий, расстройств личности и др.) вследствие усиливающегося социального расслоения населения;
- склонность россиян к самолечению и высокий уровень недоверия к «официальной медицине».

3.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Наиболее высокие темпы роста в ближайшей перспективе ожидаются в сферах фармацевтики и диагностических систем. Создаваемые здесь продуктовые группы будут расширяться вне зависимости от общей концепции развития здравоохранения. Прогресс таких технологических направлений, как клеточные технологии, тканевая и органная инженерия, генетическая инженерия, будет определяться внутренней конъюнктурой и глобальными экономическими вызовами. Наименьшую положительную динамику покажет область биодegradуемых материалов – ее рост замедлится в долгосрочном периоде. После 2020 г. усилится развитие группы рынков, к которой относятся системы лабораторной и функциональной диагностики, импланты, лекарственные средства и системы адресной доставки. В дальнейшем ожидается постепенное сращивание фармацевтического и медико-биологического секторов, активное использование биотехнологий для создания новых лекарственных средств и медицинских устройств. Биомедицинские исследования в средне- и долгосрочной перспективе призваны в наибольшей степени фокусироваться на регенеративной медицине, молекулярной и функциональной диагностике.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Медицина и здравоохранение»:

- регенеративная медицина;
- биодegradуемые материалы;
- биодegradуемые материалы;
- системы диагностики;
- сложные импланты;
- хирургическая техника;
- лекарственные средства и системы их адресной доставки;
- системы прижизненной неинвазивной визуализации.

Для каждого из перечисленных выше рынков были определены инновационные продукты и услуги, которые появятся в период до 2030 г. (табл. 3.1).

Табл. 3.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Медицина и здравоохранение»

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Регенеративная медицина	Тканевые и органые эквиваленты, полученные с применением генно-инженерных и клеточных технологий	Повышение вероятности полного излечения пациентов
	Таргетные биологически активные вещества для регенерации поврежденных тканей	Повышение качества реабилитации пациентов
	Активные молекулярные компоненты стволовых клеток для регенерации тканей	Минимизация последствий и осложнений у пациентов
	Технологии и препараты на основе модифицированных клеточных систем для конкурентной терапии аутоиммунных, онкологических и неврологических заболеваний	
	Неорганические и органические материалы неживотного происхождения для направленной регенерации целевых органов и тканей	
Биодеградируемые материалы	Новые хирургические материалы на основе биодеградируемых полимеров	Высокая эффективность Высокий уровень безопасности
	Сложные макромолекулярные комплексы для подвижных частей имплантов и биоорганические системы для ускорения остеоинтеграции костных имплантов	Высокий уровень надежности
	Биозамещающие материалы для ортопедии, повторяющие архитектуру костной ткани	
Небиодеградируемые материалы	Композиционная керамика и лекарственные цементы	Высокая эффективность
	Перевязочные средства и трансдермальные пластыри	Высокий уровень безопасности
	Материалы-миметики для протезирования	Высокий уровень надежности
Системы диагностики	Высокочувствительные сенсоры физических и физиологических параметров человека	Увеличение продолжительности жизни населения
	Реагенты	Возможность ранней диагностики заболеваний
	Аппаратно-программные комплексы для анализа статических макромолекулярных маркеров	
	Диагностические системы многофакторного статистического анализа количественных и качественных данных о низко- и высокомолекулярных маркерных молекулах	
	Протеомные и геномные биомаркеры	
Сложные импланты	Индивидуально-совместимые («умные») импланты на металлической, керамической или полимерной основе, не требующие периодической замены	Высокий уровень безопасности Высокий уровень надежности
	Импланты с биоактивными покрытиями для ускорения остеоинтеграции и совмещения с тканями	Рост качества жизни населения
	Биорезорбируемые импланты для восстановления поврежденных сосудов	
	Стенты	



(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Хирургическая техника	Системы инвазивной визуализации, в том числе удаленного управления Робототехника Хирургические лазеры Системы микроманипулирования (для высокопрецизионных хирургических манипуляций)	Высокий уровень надежности Высокий уровень безопасности Минимизация последствий и осложнений у пациентов
Лекарственные средства и системы их адресной доставки	Рекомбинантные белковые препараты Препараты на основе нуклеиновых кислот, в том числе для генной терапии Препараты на основе моноклональных антител, обеспечивающие высокую специфичность действия Компоненты и системы направленной доставки лекарственных средств, в том числе на основе неорганических наноматериалов	Минимизация последствий и осложнений у пациентов Повышение вероятности полного излечения пациентов Высокий уровень безопасности Высокий уровень надежности
Системы прижизненной неинвазивной визуализации	Позитронно-эмиссионные томографы и контрасты для визуализации ультравысокого разрешения Магнито-резонансные томографы ультравысокого разрешения Системы визуализации на основе биофизических характеристик сред организма (эффекта Доплера и т.п.)	Минимизация последствий и осложнений у пациентов Возможность ранней диагностики заболеваний Высокий уровень безопасности Высокий уровень надежности

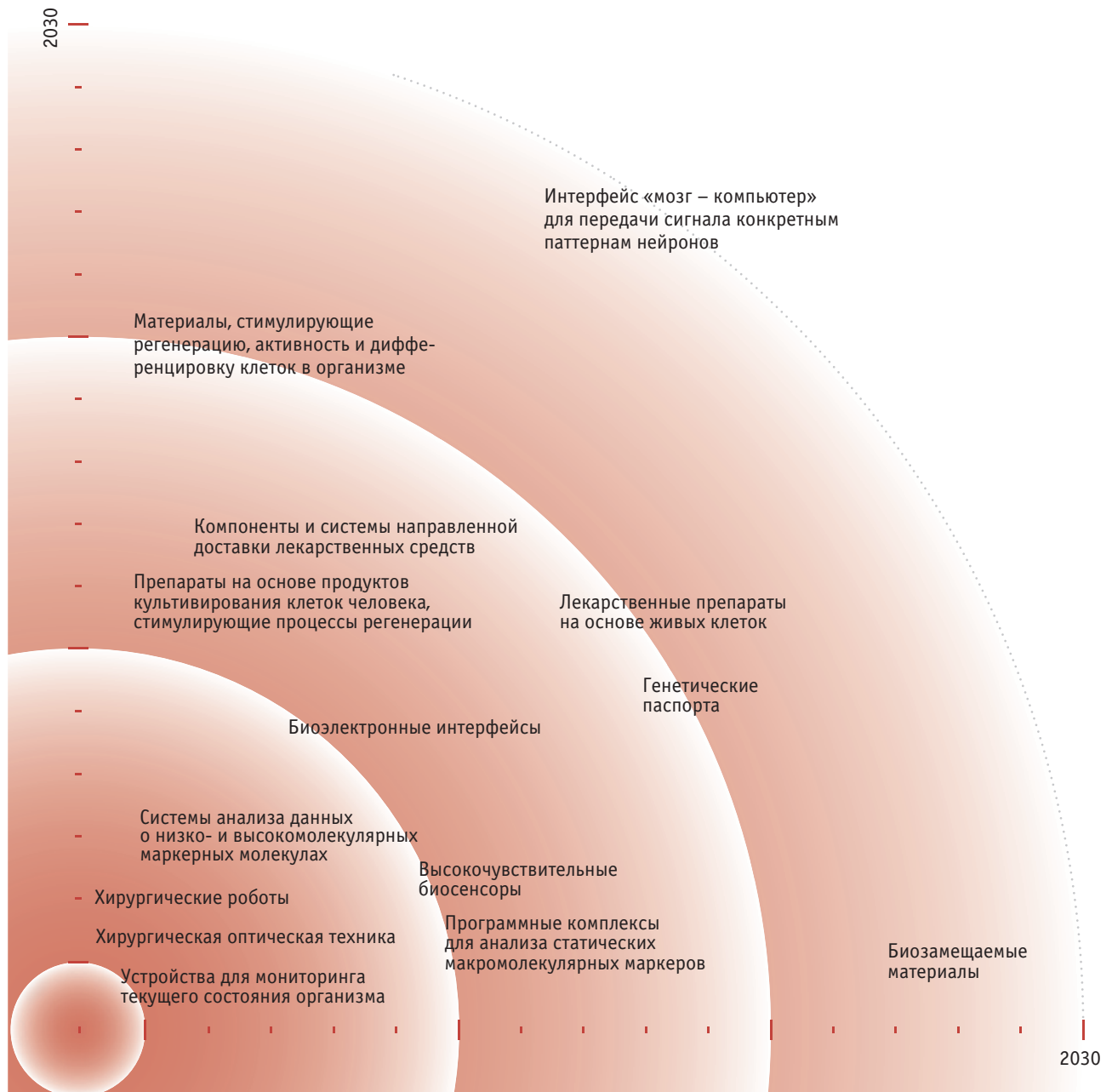
В области медицины и здравоохранения степень радикальности продуктов и услуг определяется наличием у них новых свойств, способностью повлиять на решение актуальных проблем и привести к кардинальным преобразованиям существующих рынков. Этим условиям отвечают целый ряд инновационных продуктов и технологий (рис. 3.2).

Применение *устройств для мониторинга текущего состояния организма*, в том числе в удаленном режиме, позволит организовать одновременное ведение большой группы больных; непрерывно контролировать параметры организма и состояние здоровья пациента (и принимать при необходимости экстренные меры помощи), правильность и своевременность исполнения врачебных предписаний; обеспечить возможность коммуникации индивидуальных приборов мониторинга с удаленным рабочим местом врача.

Системы анализа данных о низко- и высокомолекулярных маркерных молекулах представляют собой аппаратно-программные комплексы для высокопроизводительного анализа белков, нуклеиновых кислот и низкомолекулярных метаболитов с использованием миниатюризированных масс-спектрометров. Особенность таких систем заключается в возможности ускоренной идентификации структур молекул, что делает эти технологические решения востребованными в биохимической диагностике.

Результатом внедрения в практику новой *хирургической оптической техники*, призванной заменить (или дополнить) традиционное медицинское оборудование, станет снижение травматичности тканей, сокращение не только времени проведения операции, но и срока пребывания пациента в стационаре. Развитие малоинвазивной хирургии, создание сложных гибридных комплексов, состоящих из нанотехнологических и микроэлектромеха-

Рис. 3.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Медицина и здравоохранение»



нических систем (включая 3D- и 4D-мультимодальные средства визуализации), сделает возможным применение робототехники в минимально инвазивных эндоскопических процедурах.

Появление новых *хирургических роботов*, а также нанороботов даст возможность снизить уровень травматичности, риски инфицирования раны, избежать необходимости переливания крови. Операции, выполняемые с их использованием, характеризуются снижением болезненности в послеоперационный период; сокращением сроков реабилитации; мини-



мальными рисками осложнений, распространенных в традиционной хирургии; повышенными онкологическими и функциональными результатами; улучшенным косметическим эффектом в силу отсутствия крупных послеоперационных шрамов. Внедрение подобных хирургических технологий снизит уровень влияния человеческого фактора на течение и исход операции.

Биоэлектронные интерфейсы позволят добиться интеграции электронных устройств с биологической тканью (чаще – мембранами нервных клеток) для обеспечения процессов жизнедеятельности и работоспособности организма в различных условиях и средах. С медицинской точки зрения это необходимо для достижения связи с вживляемыми чипами, бионическими протезами конечностей, имплантируемыми искусственными органами чувств, электродами различных биотехнических систем и медицинских приборов. Будут созданы электронные органы чувств, а также протезы из новых материалов с повышенной совместимостью.

Высокочувствительные биосенсоры разрешат выполнять диагностику и определение степени отклонений и нарушений функций различных органов и физиологических систем организма на основе измерения объективных показателей их деятельности (физических, химических и др.) с помощью инструментальных либо лабораторных методов исследования. Появятся многокомпонентные измерительные комплексы, интегрированные с аналитическими программами на базе подходов хемометрики и искусственного интеллекта, объединяющие несколько технологий диагностики и визуализации.

Программные комплексы для анализа статических (контекстных) макромолекулярных маркеров обеспечат проведение более глубокой генетической диагностики (главным образом наследственных и орфанных заболеваний). Расширение рынка этой продуктовой группы будет способствовать минимизации аналитических процессов в клинических лабораториях, появлению отдельных персонализированных подходов в диагностике. Новые комплексы, не требующие дорогостоящего оборудования и комплектующих, смогут успешно конкурировать с масс-спектрометрией и другими современными аналитическими методами.

Использование *препаратов на основе продуктов культивирования клеток, стимулирующих процессы регенерации*, позволит победить болезни, ранее считавшиеся некурабельными, за счет возможности воспроизводства собственных либо вводимых в организм клеток. Варьируя условия культивирования клеток (например, помещая их в гипоксическую среду), можно изменять соотношение факторов в соответствии с требуемым результатом (стимуляция или подавление ангиогенеза, апоптоза и пролиферации клеток реципиента).

Компоненты и системы направленной доставки лекарственных средств повысят эффективность терапии путем целевой транспортировки лекарственных веществ непосредственно к заданному органу (ткани) – мишени. Применение таких систем способствует снижению уровня токсичности и побочного действия препаратов, а также их экономичному расходованию. В долгосрочной перспективе ожидается появление «умных» лекарственных средств, способных реагировать как на внешние условия, так и на изменение состояния организма пациента. Разрабатываемые системы найдут применение в лечении различных социально значимых патологий: онкологических, инфекционных, хронических воспалительных, психических заболеваний, гормональных расстройств и др.

Важным шагом для перехода к предиктивной и персонализированной медицине станет широкое распространение *генетических паспортов*, содержащих данные о результатах анализа ДНК человека. Основываясь на представленной генетической информации, врач сможет не только правильно поставить диагноз и выбрать наиболее подходящее средство терапии, но и – до выявления реальной картины патологического процесса – предупредить о возможности развития того или иного заболевания для своевременного проведения профилактики или лечения.

Внедрение *лекарственных препаратов на основе живых клеток* (аутологических, донорских, первичных, культивированных, дифференцированных и модифицированных) создаст

базу клеточной терапии и тканевой инженерии, предусматривающих трансплантацию в определенные участки тела человека стволовых клеток, а также сконструированных на их основе эквивалентов, которые способны восстанавливать структуру и функции поврежденных тканей и органов. Технологии получения стволовых клеток из тканей пациента позволяют нарабатывать терапевтический материал в течение нескольких часов. Методы селективного культивирования и дифференцировки клеток подобного типа обеспечат высокую скорость и терапевтическую эффективность лечения различных патологий. Новым и принципиально важным свойством этих технологий является полная совместимость стволовых клеток, выделенных из собственных дифференцированных тканей пациента, с его организмом. При этом исключается внесение инфекций: полученные клетки обладают сниженными (по сравнению с эмбриональными) способностями к дифференцировке в нежелательных направлениях.

Новые материалы, стимулирующие регенерацию, активность и дифференцировку клеток в организме, дадут возможность излечивать патологии опорно-двигательного аппарата, раны различной этиологии, болезни сердечно-сосудистой системы и т.д. Инновационные методы основаны на биоинженерных технологиях «наращивания» в заданном направлении и с нужной скоростью необходимых для регенерации клеток с последующим формированием на их базе тканей и органов непосредственно в организме. По истечении заданного времени функционирования биоразлагаемые полимерные материалы выводятся из организма, распадаясь с образованием продуктов естественного метаболизма. Новые технологии будут способствовать скорейшему заживлению всех видов тканей, предотвращению образования спаек, снижению числа осложнений после оперативных вмешательств, обеспечивая таким образом значительное повышение качества жизни пациентов.

Ожидаемый социальный эффект применения биозамещаемых материалов для ортопедии, повторяющих архитектуру костной ткани и позволяющих достичь восполнения дефектов кости, заключается в снижении уровня инвалидизации населения, сокращении сроков нетрудоспособности, продолжительности госпитализации и реабилитационного периода. Наряду с этим ожидается снижение рисков повторного эндопротезирования. В рамках имеющейся технологической базы формируется пул инновационных методов, которые разрешат проводить радикальную медицинскую помощь по восстановлению костной ткани.

В долгосрочной перспективе прогнозируется появление интерфейса «мозг–компьютер», представляющего собой систему передачи электрических импульсов от нервной системы человека к электронному устройству и обратно. Это достижение найдет широкое применение в нейропротезировании, в частности, при создании бионических органов чувств. Развитие данного направления впоследствии приведет к созданию систем, являющихся функциональной частью интеллекта человека (экхокортекса), для дальнейшего совершенствования когнитивных процессов.

Для продуктов, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков в долгосрочной перспективе, были идентифицированы ведущие отечественные и зарубежные организации, осуществляющие разработки в рассматриваемом направлении. Согласно полученным результатам, к числу лидеров относятся в первую очередь крупные научно-исследовательские и производственные центры США и стран ЕС; отдельные направления активно развиваются также в Республике Корея и Японии. Работами по созданию хирургической оптической техники занимаются преимущественно небольшие компании. Уровень отечественных научных исследований в целом отстает от мирового. В частности, это касается сферы материалов, стимулирующих регенеративные процессы в организме: имеются отдельные конкурентоспособные разработки, накоплены серьезные заделы в области фундаментального медицинского материаловедения, при этом прикладные направления развиты довольно слабо.

3.3. Перспективные направления научных исследований

Возможности и сроки появления описанных выше инновационных продуктов определяются уровнем заделных исследований. По оценкам экспертов, самыми перспективными для России в период до 2030 г. являются семь тематических областей прикладных исследований (рис. 3.3).

Уже в среднесрочный период в нашей стране возможно достижение значительных научных и практических результатов в таких направлениях, как биосовместимые биополимерные материалы; самостерилизующиеся поверхности для медицины; тест-системы на базе геномных и постгеномных технологий для диагностики рака, системных, инфекционных и наследственных заболеваний; биосенсоры и биочипы для клинической диагностики с использованием новых типов биологических устройств; методы быстрой идентификации токсических веществ и патогенов.

В других направлениях исследований и разработок, включая, например, биodeградируемые материалы на основе градиентной керамики или медицинский текстиль с уникальными терапевтическими свойствами, потенциал российских разработок уже сегодня оценивается достаточно высоко. Для дальнейшего наращивания заделов и закрепления имеющихся преимуществ предстоит совершенствовать существующие и создавать новые центры трансляционной медицины, в которых будут проводиться разработки доклинических технологий.

Рис. 3.3. Тематические области приоритетного направления «Медицина и здравоохранение»



Технологии регенеративной медицины – основное направление современных разработок, призванное решить проблемы болезней мозга, опорно-двигательного аппарата, онкологических и многих других заболеваний. В ведущих странах мира уже получены первые обнадеживающие результаты в области регенерации органов человека, тогда как в России заделы в данном направлении практически отсутствуют.

Успехи инновационной фармацевтики – биотехнологий, технологий химического синтеза, направленного терапевтического воздействия, производства современных эффективных вакцин – позволят отечественным компаниям выйти на перспективные мировые рынки, а государству – повысить качество жизни граждан.

3.3.1. Перспективные лекарственные кандидаты

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые лекарственные средства, разработанные до стадии получения доклинического доказательства концепции (preclinical proof-of-concept), включая препараты для профилактики и лечения широкого круга социально значимых болезней (сердечно-сосудистых, неврологических, онкологических, гематологических, аутоиммунных, эндокринных, инфекционных и др.), в том числе:
 - новые фармацевтические молекулы с обоснованными терапевтическими мишенями;
 - коллекция экспериментальных животных и клеточных линий для воспроизведения социально значимых заболеваний; новых высокоэффективных вакцин, включая конъюгированные и ДНК-вакцины, для профилактики и лечения инфекционных и онкологических заболеваний, при которых малоэффективна иммунизация традиционными методами; лекарственных средств на основе рекомбинантных белков и моноклональных антител; препаратов для регенеративной медицины, а также высокоэффективных лекарственных средств, действующих через новые молекулярные мишени.

Табл. 3.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Перспективные лекарственные кандидаты»

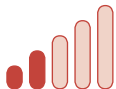
Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Скрининг и повышение эффективности лекарственных кандидатов путем использования новых фармакологических мишеней, а также на основе новых научных данных о механизмах возникновения и развития заболеваний человека		<p>Разработка новых моделей, воспроизводящих наиболее актуальные болезни человека (сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной, эндокринной, мочеполовой, иммунной и других систем организма, а также инфекционные и «редкие» заболевания), и выявление основных механизмов их развития</p> <p>Направленный скрининг биотехнологических производных для выявления наиболее эффективных и безопасных веществ</p> <p>Определение, в том числе с использованием биомоделирования, отдельных молекул, клеточных структур и компонентов регуляторных систем организма, способных служить биологическими мишенями для направленного воздействия, с целью изменения течения патологических процессов, лежащих в основе развития распространенных болезней</p>



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Компьютерное моделирование выбранных мишеней для дальнейшего конструирования перспективных фармакологических веществ, способных взаимодействовать с ними</p> <p>Синтез новых генетических конструкций, кодирующих продукцию выбранных регуляторных белков, и создание векторов для их введения в клетки – продуценты биоактивных соединений</p>
<p>Модели на основе клеточных линий и/или лабораторных животных для доклинического исследования заболеваний человека</p>		<p>Разработка механизмов направленного сайт-специфического мутагенеза</p> <p>Разработка методов направленного мутагенеза в стволовых клетках, соматических клетках, во взрослых организмах</p> <p>Создание коллекций клеточных линий и линий животных – моделей социально значимых болезней (онкологических, аутоиммунных, нейродегенеративных, инфекционных и др.)</p>
<p>Новые лекарственные кандидаты, в том числе разнонаправленного действия, с использованием как ранее известных, так и новых мишеней методами геной инженерии, биотехнологии, компьютерного моделирования и медицинской химии</p>		<p>Выявление веществ, обладающих сродством к молекулам-мишеням и активирующих либо блокирующих определенные мишени путем специфического связывания</p> <p>Создание клеток – продуцентов биоактивных соединений или биоинженерных конструкций, предназначенных для введения в организм пациента и продуцирующих биоактивные соединения</p> <p>Определение оптимальных систем для производства отдельных веществ, в том числе клеток прокариот и эукариот, растений и животных, разработка технологий их культивирования, повышение производительности гибридом</p> <p>Создание наноструктурированных биоактивных веществ и методов целевой доставки белковых препаратов в отдельные органы, ткани и органеллы, в том числе с помощью нанотехнологий</p> <p>Поиск новых биологических объектов – потенциальных продуцентов белковых веществ и моноклональных антител</p> <p>Скрининг биотехнологических производных с целью выявления наиболее эффективных и безопасных в ряду веществ одной фармакотерапевтической направленности</p>
<p>Компоненты и системы направленной доставки лекарственных средств для повышения эффективности, улучшения фармакокинетических параметров и снижения токсичности лекарственных кандидатов, а также лабораторные протоколы их получения</p>		<p>Определение новых биологических мишеней, в том числе цитокинов, гормонов, ферментов, рецепторов, сигнальных внутриклеточных молекул, которые должны подвергаться воздействию синтетических молекул для предотвращения или ограничения патологического процесса</p> <p>Исследование межмолекулярных взаимодействий для разработки систем доставки</p> <p>Мишень-ориентированный химический синтез соединений с определенной биологической активностью</p>

(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Поиск способов повышения биодоступности и создание систем доставки этих соединений в организме</p> <p>Компьютерное моделирование веществ, обладающих сродством к молекулам-мишеням</p> <p>Разработка новых методов и аппаратуры для химического синтеза</p> <p>Скрининг и отбор веществ, обладающих максимальной эффективностью и минимальной токсичностью в ряду синтезированных соединений определенной фармакотерапевтической направленности</p>
<p>Новые вакцины, в том числе комбинированные</p>		<p>Исследование механизмов развития инфекционных и онкологических болезней, определение роли иммунной системы и особенностей ее функционирования при патологии</p> <p>Выявление роли иммунокомпетентных клеток, антигенраспознающих и антигенпрезентирующих структур, отдельных цитокинов, клеточных рецепторов, сигнальных внутриклеточных молекул в патогенезе опухолевых болезней, а также в развитии и разрешении инфекционных процессов</p> <p>Выявление факторов, лежащих в основе несостоятельности иммунного ответа при онкологических и инфекционных (туберкулез, малярия, СПИД) болезнях</p> <p>Синтез новых генетических конструкций для продукции антигенов возбудителей инфекционных болезней и опухолевых антигенов и создание векторов для их введения в организм</p> <p>Определение углеводных детерминант и белков-переносчиков, обеспечивающих оптимальный уровень иммунного ответа на конъюгированные вакцины</p> <p>Поиск способов, позволяющих избежать развития аутоиммунных побочных реакций при применении конъюгированных и ДНК-вакцин</p> <p>Совершенствование существующих и разработка новых биологических систем для продукции вакцин</p> <p>Скрининг вакцинных кандидатов с целью выявления наиболее эффективных и безопасных</p>

3.3.2. Молекулярная диагностика

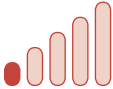
Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые методы и системы диагностики, основанные на технологиях определения структуры и функции биологических молекул (нуклеиновых кислот, белков, липидов, полисахаридов, низкомолекулярных соединений), в том числе:
 - диагностические методы, тест-системы и комплексы, ориентированные прежде всего на выявление социально значимых болезней до их дебюта; новые высокопроизводительные методы лабораторной диагностики для обнаружения, количественного и структурного анализа белков и других макромолекулярных метаболитов, включая липиды, гликопротеины, РНК и др.;



- методы и инструменты для лабораторной и экспресс-диагностики социально значимых болезней (сердечно-сосудистых, онкологических, гематологических, инфекционных, эндокринных и др.) на основе анализа перечисленных молекулярных маркеров;
- новые методы и комплексы для количественного определения низкомолекулярных метаболитов, ионов и микроэлементов – маркеров воспаления на различных стадиях, а также хронических болезней;
- средства анализа индивидуальной предрасположенности к сердечно-сосудистым болезням, патологиям печени, заболеваниям репродуктивной системы, нарушениям липидного обмена.

Табл. 3.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Молекулярная диагностика»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Аппаратно-программные комплексы, основанные на технологиях анализа статических (контекстных) макромолекулярных маркеров, для обеспечения оптимальных стратегий лечения и формирования индивидуального прогноза развития заболеваний</p>		<p>Широкомасштабные популяционно-эпидемиологические ассоциативные исследования, направленные на выявление устойчивых сочетаний изменений структур нуклеиновых кислот, ассоциированных с болезнями</p> <p>Определение генов-регуляторов, вовлеченных в механизмы развития болезней</p> <p>Разработка методов доклинической диагностики предрасположенности к болезням</p> <p>Выявление генных сетей, вовлеченных в патогенез заболеваний, разработка алгоритмов оценки их ассоциативной значимости</p> <p>Выявление полиморфизмов структуры ДНК, ассоциированных с индивидуальной чувствительностью к фармакологическим препаратам и с индивидуальными особенностями их метаболизма</p> <p>Создание специальных диагностических реагентов, систем автоматизации и аппаратно-программных комплексов для диагностики социально значимых болезней и новых молекулярных механизмов устойчивости к препаратам, используемым для их лечения, на основе анализа нуклеиновых кислот</p> <p>Разработка отечественных аппаратно-программных комплексов для определения первичной структуры нуклеиновых кислот</p> <p>Разработка алгоритмов обработки данных для выявления клинически значимых структурных и функциональных изменений нуклеиновых кислот</p> <p>Разработка алгоритмов и программного обеспечения для создания банка генетической информации населения Российской Федерации</p>

(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание систем обнаружения и количественной оценки структурных изменений нуклеиновых кислот, включая рекомбинантные технологии и технологии синтетической биологии</p> <p>Совершенствование методов получения специфических иммобилизованных ДНК-зондов, методов получения и контроля качества особо чистых дезоксинуклеозидтрифосфатов, предназначенных для секвенирования</p> <p>Разработка систем подачи растворов в проточные ячейки сенсорных чипов</p> <p>Разработка интерфейсных устройств для чипов</p> <p>Разработка прототипов сенсорных чипов для полногеномного секвенирования ДНК</p> <p>Совершенствование технологии цветовой однонуклеотидной детекции</p> <p>Разработка методов конъюгации и специфической сорбции нуклеиновых кислот на микросферы и заданные поверхности</p>
<p>Аппаратно-программные комплексы, аналитические устройства и реагенты для анализа динамических (изменяемых) макромолекулярных маркеров, а также лабораторные протоколы их использования</p>		<p>Выявление белковых молекулярных маркеров, определение их структуры и функций, тканевой принадлежности, вовлеченности в патогенез болезней</p> <p>Широкомасштабные эпидемиологические исследования для установления ассоциативных и патогенетических связей молекулярных маркеров с болезнями</p> <p>Определение механизмов изменения экспрессии и/или активности макромолекулярных маркеров</p> <p>Выявление связей между отдельными маркерами для анализа макромолекулярных профилей болезней</p> <p>Разработка высокопроизводительных методов определения структуры динамических макромолекулярных маркеров, включая белки, липиды, гликопротеины, РНК</p> <p>Определение функций и количества динамических макромолекулярных маркеров</p> <p>Разработка алгоритмов и программного обеспечения для обработки данных о строении и функции динамических макромолекулярных маркеров</p> <p>Разработка методов высокой очистки нуклеиновых кислот, белков, липидов и гликопротеинов, включая неспецифическую сорбцию, специфическое связывание динамических макромолекулярных маркеров, автоматизацию процессов очистки</p>




(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Поиск и/или разработка новых методов быстрого обнаружения, количественной оценки и определения функций динамических макромолекулярных маркеров, включая работы по созданию методов и устройств для безаппаратной диагностики</p> <p>Создание аппаратно-программных комплексов для лабораторного определения динамических макромолекулярных маркеров</p> <p>Создание систем автоматизированной лабораторной диагностики динамических макромолекулярных маркеров, включая модули пробоподготовки и многокомпонентного анализа</p> <p>Разработка экспресс-тестов, в том числе безаппаратных, для определения динамических молекулярных маркеров острых состояний, а также маркеров состояний изменения макромолекулярного фона</p>
<p>Аппаратно-программные комплексы, аналитические устройства и реагенты для анализа низкомолекулярных соединений, а также лабораторные протоколы их использования</p>		<p>Выявление новых низкомолекулярных метаболитов, вовлеченных в патогенез социально значимых болезней</p> <p>Определение патогенетических связей между уровнем низкомолекулярных метаболитов и высокомолекулярными маркерами болезней</p> <p>Разработка способов прямого и опосредованного обнаружения низкомолекулярных метаболитов</p> <p>Выявление механизмов и путей биосинтеза низкомолекулярных метаболитов в нормальном и патологическом состояниях</p> <p>Определение функционально замкнутых маркерных групп низкомолекулярных метаболитов при переходных, острых и хронических процессах</p> <p>Выявление динамических маркеров эффективности терапии</p> <p>Исследование механизмов расщепления метаболитов, ассоциированных с воспалением, а также хроническими болезнями</p> <p>Разработка аппаратно-программных комплексов для обнаружения и количественной оценки низкомолекулярных метаболитов, включая ионы и микроэлементы</p> <p>Разработка клинических протоколов обнаружения и количественной оценки низкомолекулярных метаболитов с использованием технологий детекции масс и зарядов низкомолекулярных метаболитов и их ионизированных компонентов, создание новых методов безаппаратного обнаружения метаболитов</p> <p>Разработка аппаратно-программных комплексов для динамического отслеживания уровня низкомолекулярных метаболитов персонализированного формата, разработка методов и протоколов оценки качества лабораторных исследований по обнаружению и количественному анализу низкомолекулярных метаболитов</p>

(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка технологий синтеза специальных реагентов для цветовой реакции обнаружения и количественного анализа низкомолекулярных метаболитов</p> <p>Разработка модифицированных ферментативных комплексов для цветовой детекции низкомолекулярных метаболитов</p> <p>Создание проточных и непроточных чипов для детекции низкомолекулярных метаболитов в мультиплексном режиме</p> <p>Разработка технологий производства активных поверхностей для специфического взаимодействия с низкомолекулярными метаболитами</p>
<p>Методы обнаружения инфекционных агентов и лабораторные протоколы их использования</p>		<p>Создание прототипов систем, реализующих новые принципы организации вычислений</p> <p>Разработка методов биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа</p> <p>Создание высокопроизводительных роботизированных систем скрининга</p> <p>Исследование систем экспрессии в клетках эукариот, в том числе новых векторов для генной терапии</p> <p>Разработка новых средств иммунопрофилактики на основе технологий биоинженерии и методов коррекции иммунного ответа</p> <p>Разработка новых методов идентификации и оценки эффективности ингибиторов онкологических и инфекционных заболеваний в культурах клеток</p> <p>Разработка молекулярно-генетических методов диагностики патогенов растений и животных</p> <p>Формирование экспериментальных моделей на основе клеточных линий и/или лабораторных животных для доклинического исследования заболеваний человека</p>
<p>Комбинаторная молекулярная сенсорика, в том числе на основе аптамеров, для создания универсальных средств диагностики и анализа статических и динамических факторов патологических состояний</p>		<p>Биоинформационный анализ диагностически значимых молекулярных статических и динамических факторов, молекулярный докинг</p> <p>Молекулярная инженерия и разработка биосенсорных молекул различной природы, в том числе аптамеров</p>

(окончание)

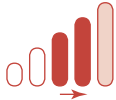
Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Модификация органических и неорганических поверхностей биосенсорными молекулами; получение, усиление и регистрация сигнала</p> <p>Поиск геномных, протеомных и метаболомных маркеров и их комбинаций, отражающих состояние и динамические характеристики патологического процесса</p> <p>Разработка биосенсоров для экспресс-диагностики метаболических нарушений, создание технологий многомерного чипирования</p>
<p>Молекулярная и клеточная патология, в том числе исследование изменения молекулярно-генетической компоненты внутриклеточных сигнальных путей, нарушения структуры и функции отдельных клеток и тканей в контексте развития патологических процессов для разработки технологий персонализированной медицины</p>		<p>Исследование нарушения внутриклеточных и межклеточных механизмов жизнедеятельности клеток</p> <p>Выявление молекулярно-генетических факторов, характеризующих индивидуальные реакции организма</p> <p>Создание практик управления структурно-функциональным состоянием эффекторных клеток, исследование Т-клеточных субпопуляций, регуляторных механизмов баланса субпопуляций, роли в формировании иммунопатологии, поиск методов прямой элиминации аутореактивных клонов для терапевтических целей</p> <p>Фенотипирование, генотипирование, геномное и протеомное профилирование, отражающее индивидуальные реакции организма на патологический процесс</p> <p>Комплексное моделирование реактивности организма</p>

3.3.3. Молекулярное профилирование и выявление молекулярных и клеточных механизмов патогенеза

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- электронный каталог (атлас) белков человека, содержащий экспериментальные данные о протеоме тканей и органов и функциональных связях белков – маркеров заболеваний;
- аппаратно-программные комплексы, реагенты и материалы для протеомного профилирования;
- высокопроизводительные методы анализа реализации генетического материала в виде совокупности молекул РНК (транскриптома), белков (протеома) и низкомолекулярных соединений (метаболома);
- высокочувствительные молекулярные детекторы, позволяющие выявлять в биологических пробах единичные макромолекулы;
- протеомные биомаркеры – потенциальные молекулярные мишени заболеваний;
- реагенты для количественных исследований белковых маркеров, присутствующих в концентрациях ниже 10^{-12} М.

Табл. 3.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Молекулярное профилирование и выявление молекулярных и клеточных механизмов патогенеза»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Идентификация и количественное определение транскриптов, белков и их модификаций (вариантов альтернативного сплайсинга, посттрансляционных модификаций, одноаминокислотных полиморфизмов) в тканях человека</p>		<p>Создание экспериментальных образцов высокочувствительных молекулярных детекторов, позволяющих выявлять в биологических пробах единичные макромолекулы</p> <p>Разработка многопараметрических методов анализа (чиповых технологий)</p> <p>Разработка методов биоинформатики для обработки данных геномного, транскриптомного и протеомного анализа</p> <p>Разработка методов сравнительной геномики и протеомики</p> <p>Создание высокопроизводительных роботизированных систем скрининга</p> <p>Моделирование <i>in silico</i> структуры биомолекул и процессов, происходящих в живых системах, их анализ <i>in vitro</i> с использованием биохимических и биофизических подходов</p> <p>Регуляция экспрессии генов с использованием РНК-интерференции и родственных ей механизмов</p> <p>Создание прототипов систем, реализующих новые принципы организации вычислений</p> <p>Создание систем автоматизированной лабораторной диагностики динамических макромолекулярных маркеров, включая модули пробоподготовки и многокомпонентного анализа</p>
<p>Повышение чувствительности и производительности методик измерения белкового состава образцов клинического материала</p>		<p>Разработка аппаратно-программных комплексов и специфической реагентки для одномоментного анализа массивов динамических биомаркеров</p> <p>Разработка комплексных биоинформационных решений для анализа протеомных профилей</p> <p>Создание эффективных систем для автоматизации протеомного скрининга</p> <p>Исследование систем экспрессии в клетках эукариот, в том числе новых векторов для генной терапии</p> <p>Управление биологическими процессами с помощью света и других электромагнитных полей</p> <p>Профилирование белкового состава биологических образцов для оценки рисков развития социально значимых болезней</p> <p>Формирование баз данных и баз знаний функциональных связей белков – маркеров заболеваний</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Получение для продуктов каждого гена экспериментальных данных о его присутствии в организме пациента с диагностированным заболеванием</p>		<p>Изучение структурных и функциональных характеристик протеомных биомаркеров – потенциальных молекулярных мишеней болезней</p> <p>Разработка методов детектирования пикомолярных концентраций биомолекул в биологических образцах</p> <p>Разработка экспериментальных образцов реагентов для количественных исследований белковых маркеров, присутствующих в концентрациях ниже 10^{-12} М</p> <p>Анализ геномного и протеомного профилей социально значимых болезней</p> <p>Формирование баз данных и баз знаний (атласа) протеомных профилей человека</p> <p>Создание библиотеки биомаркеров социально значимых болезней</p> <p>Поиск молекулярных мишеней для разработки новых фармакологических средств для лечения и профилактики инфекций и паразитозов</p>
<p>Молекулярные основы когнитивной функции, в том числе построение сигнальных путей, структурно-функциональная характеристика тканей, клеток и клеточных элементов, обеспечивающих когнитивную функцию, выявление молекулярных и клеточных мишеней, а также эффекторных молекул для диагностики, профилактики и терапии</p>		<p>Биоинформационный анализ баз данных, моделирование сигнальных путей</p> <p>Структурно-функциональная характеристика тканей, клеток и клеточных элементов, обеспечивающих когнитивную функцию</p> <p>Исследование механизмов функционирования астроцитов и олигодендроцитов различных отделов и зон головного мозга в норме и при патологиях</p> <p>Исследование адаптивной эволюции головного мозга млекопитающих</p> <p>Исследование роли мобильных генетических элементов, а также липопротеидных и гликолипидных комплексов в формировании нейродегенеративных заболеваний</p> <p>Выявление молекулярных и клеточных мишеней, а также эффекторных молекул для диагностики, профилактики и терапии</p> <p>Разработка средств доставки эффекторных молекул в различные компартменты клеток-мишеней для регуляции когнитивной функции</p>

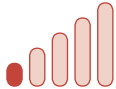
3.3.4. Биомедицинские клеточные технологии

Ожидаемые результаты задельных исследований:

- продукты на основе регенеративных и клеточных технологий, предназначенные для восстановления нарушенной заболеванием структуры органов или тканей при сердечно-сосудистых, онкологических заболеваниях, нарушении функции внутренних органов, ожоговой болезни, трофических язвах, болезнях обмена веществ и травмах, в том числе:

- тканевые эквиваленты для восстановления поверхностных повреждений (ожогов, ран, язв и т.д.), для использования в травматологии и при лечении сердечно-сосудистых заболеваний;
- среды для получения бесклеточных продуктов культивирования стволовых клеток;
- методы трансплантации тканеинженерных конструкций, включая их кровоснабжение и иннервацию;
- клинические протоколы клеточной терапии для наследственных болезней и болезней обмена веществ;
- биозамещаемые материалы для использования в регенеративных процессах с применением бесклеточных технологий;
- биозамещаемые тканеинженерные конструкции, позволяющие экстренно восстанавливать иннервацию и кровообращение после травм;
- эквиваленты органов человека (поджелудочной железы, печени, зрительного и слухового анализаторов);
- методы генетической коррекции аутологичных стволовых клеток и использования стволовых клеток с индуцированной плюрипотентностью для лечения сердечной недостаточности, регенерации миокарда после инфаркта, восстановления нарушенного кровообращения, периферических нервов и нервной ткани;
- новые методы исследования нейрохимических механизмов деятельности мозга, формирования поведенческих реакций и различных типов зависимостей человека;
- новые методы лечения и коррекции нежелательных последствий болезни Паркинсона, шизофрении, депрессии, алкоголизма и наркомании, а также нервно-мышечных расстройств;
- методы восстановления частичной или полной потери зрения вследствие патологий сетчатки глаза;
- клинические протоколы лечения заболеваний нервной системы с использованием технологий клеточной фотостимуляции (оптогенетики).

Табл. 3.5. Перспективные направления дальнейших исследований в тематической области «Биомедицинские клеточные технологии»

Области дальнейших исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Методы регенерации тканей и органов человека с применением аутологичных и донорских клеток человека, тканевых эквивалентов, стимулирующих регенерацию препаратов, продуктов культивирования клеток		Изучение роли контактных взаимодействий в активации и дифференцировке стволовых клеток Исследование роли гуморальных и контактных взаимодействий в реализации регенераторных влияний стволовых клеток Исследование механизмов регуляции миграционной активности тканеспецифичных стволовых клеток и внутриклеточных механизмов регуляции их подвижности Разработка способов применения тканеспецифичных стволовых клеток для лечения пациентов с ишемическими, посттравматическими и нейродегенеративными состояниями Разработка подходов к применению стволовых клеток для лечения пациентов с обширными ожогами и трофическими язвами



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методов клеточной терапии для восстановления репродуктивных функций, лечения болезней, связанных с патологиями соединительной ткани (варикозной болезни, пролапса органов тазового дна, пародонтоза и т.д.)</p>
<p>Методы культивирования, модификации и перепрограммирования клеток человека</p>		<p>Исследование механизмов и факторов репрограммирования клеток</p>
<p>Системы эффективного культивирования клеток человека, воздействия на их свойства и направленной дифференцировки для тканевой инженерии и клеточной терапии</p>		<p>Исследование способности стволовых клеток к дифференцировке, а также обеспечивающих ее молекулярных механизмов</p> <p>Разработка способов направленной дифференцировки стволовых клеток с целью получения функционально активных клеток необходимой специализации (кардиомиоцитов, клеток печени и т.д.)</p> <p>Разработка безопасных способов выделения и наращивания собственных стволовых клеток пациента из жировой ткани, костного мозга, периферической, пуповинной крови, кожи и других источников</p>
<p>Тканевые эквиваленты и искусственные живые органы человека</p>		<p>Исследование механизмов взаимодействия стволовых клеток с различными тканеспецифичными матриксами и их сочетанием</p> <p>Выявление способов индукции клеточной плюрипотентности</p> <p>Установление механизмов реализации индуцированной плюрипотентности</p> <p>Исследование роли ДНК-модифицирующих белков и метилирования геномной ДНК в регуляции дифференцировки и плюрипотентности клеток</p> <p>Исследование роли микроРНК в регуляции дифференцировки соматических стволовых клеток и поддержании их плюрипотентности</p> <p>Поиск оптимальных типов клеток, их сочетаний, объемной плотности, дифференцировочного состояния и активности, а также матриц их свойств и сочетаний для создания оптимальных тканевых эквивалентов</p> <p>Определение терапевтического потенциала клеток с индуцированной плюрипотентностью и условий обеспечения отсутствия их туморогенности</p> <p>Разработка методов получения тканевых эквивалентов, имеющих гистотипическую трехмерную структуру</p> <p>Разработка протоколов репрограммирования и дифференцировки клеток с индуцированной плюрипотентностью с целью получения специализированных пациент-специфических клеток для лечения болезней и методов обеспечения биобезопасности их применения</p>

(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Биологически активные вещества для направленного восстановления структуры измененных заболеванием органов и тканей человека		<p>Поиск новых мишеней, воздействие на которые стимулирует восстановление структуры органов и тканей</p> <p>Исследование механизмов регенераторного воздействия при использовании новых молекулярных мишеней</p> <p>Поиск оптимальных способов воздействия на новую, стимулирующую регенерацию мишень: выбор оптимальной природы препарата (генно-инженерная конструкция, рекомбинантный белок, химически синтезированное соединение); способа воздействия на мишень (агонист, антагонист, ингибитор, аллостерический регулятор и т.д.)</p> <p>Создание биоактивных веществ, способных стимулировать регенерацию тканей и органов сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, дыхательной, репродуктивной систем, кожи</p> <p>Разработка методов адресной доставки лекарств в определенные клетки и ткани</p> <p>Разработка методов терапевтической трансфекции клеток как вне организма, так и в тканях пациента</p>
Препараты, стимулирующие регенерацию на основе продуктов культивирования клеток человека		<p>Исследование регенераторной активности сочетаний компонентов, секретируемых стволовыми клетками</p> <p>Выбор типа клеток, бесклеточного препарата и способа его приготовления для стимуляции регенерации при лечении социально значимых болезней</p> <p>Разработка бессывороточных сред для культивирования клеток и способов использования бесклеточных продуктов для терапии, их испытания на моделях <i>in vivo</i></p> <p>Разработка методов масштабирования производства клеточных линий и бесклеточных продуктов</p>
Управление клеточными функциями путем воздействия факторами различной природы на внутриклеточные и внеклеточные сигнальные пути, транскрипционные и трансляционные комплексы		<p>Разработка средств доставки факторов различной природы в различные компартменты клеток-мишеней</p> <p>Моделирование <i>in silico</i> внутриклеточных и внеклеточных сигнальных путей, транскрипционных и трансляционных комплексов</p> <p>Экспериментальное выявление узловых молекул и критических состояний внутриклеточных и внеклеточных сигнальных путей, транскрипционных и трансляционных комплексов</p> <p>Исследование межклеточных взаимодействий, в том числе определяющих регенерацию органов и тканей</p> <p>Управление профилем экспрессии генов – регуляторов дифференцировки клеток</p> <p>Разработка технологий клеточной модификации <i>ex vivo</i> и <i>in vivo</i>, репрограммирование клеток с целью контроля пролиферации и апоптоза</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Биоинженерия, в том числе тканевая инженерия, тканевые эквиваленты и искусственные органы, скаффолды различной природы, клеточные элементы, культуры клеток и тканей для медицины</p>		<p>Разработка скаффолдов различной природы, модифицированных биоактивными компонентами, для <i>in vitro</i> создания аналогов внешних и внутренних органов с использованием аутологичных клеток</p> <p>Разработка технологий получения тканевых эквивалентов и искусственных органов</p> <p>Разработка технологии тканевого 3D-прототипирования</p> <p>Исследование межклеточного взаимодействия</p>
<p>Искусственные живые системы, в том числе искусственные клеточные элементы и химерные клетки</p>		<p>Создание «электронных» клеток различной функциональной направленности</p> <p>Создание митохондрий из составляющих ее макромолекул, получаемых методами синтетической биологии</p> <p>Исследование везикулярного транспорта и разработка управляемых везикул</p> <p>Разработка функциональных клеточных мембран</p> <p>Получение клеток с заданными свойствами, не имеющих аналогов в природе</p>
<p>Методы безопасной консервации и хранения клеточных продуктов</p>		<p>Разработка методов и реагентов, включая среды, для стабилизации сохраняемых культивируемых клеток и их продуктов</p> <p>Методы культивирования, модификации и перепрограммирования клеток человека и лабораторных протоколов их применения</p>
<p>Оценка биобезопасности биомедицинских препаратов и клеточных продуктов</p>		<p>Выявление ключевых механизмов реализации регенеративных влияний стволовых клеток на разные органы и ткани при различных патологических состояниях</p> <p>Исследование функциональной активности клеток, полученных с помощью дифференцировки из клеток с индуцированной плюрипотентностью, оценка их биобезопасности</p>
<p>Оптогенетические методы управления клеточными функциями</p>		<p>Разработка трансфекционных методов специфической экспрессии микробных родопсинов в структуру нейронов</p> <p>Технологии синтеза искусственных светочувствительных трансмембранных белковых структур разной степени чувствительности и реактивности к световым потокам определенных длин волн</p> <p>Картирование нейрональных систем мозга человека и разработка алгоритмов целенаправленного фотостимуляционного воздействия при определенных патологиях нервной системы</p> <p>Системы диагностики нарушений деятельности нервной системы вследствие перенесенных травм или гуморальных (нейромедиаторных) расстройств</p>

3.3.5. Биodeградируемые и композиционные материалы медицинского назначения

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- изделия нового поколения из многокомпонентных биосовместимых материалов для кардиологии, онкологии, ортопедии, травматологии, стоматологии и других областей медицины, включая импланты на металлической, керамической и полимерной основе с биоактивными покрытиями для тканевой и костной имплантации, биорезорбируемые матрицы, а также гибридные скаффолды, кишечные и кардиологические стенты, высокоэффективные антисептические перевязочные материалы и др.

Табл. 3.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Биodeградируемые и композиционные материалы медицинского назначения»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Материалы специализированного действия для наружного применения		<p>Разработка основ синтеза и принципов структурного дизайна антимикробных композиционных материалов на базе электропозитивных наноструктурных частиц, обеспечивающих избирательную бактерицидную и антисептическую активность</p> <p>Моделирование процессов взаимодействия в системе «частица – микроорганизм»</p> <p>Исследование механизмов действия наноструктурных частиц на микробные клетки, клетки раневой поверхности, здоровые клетки, изучение их биосовместимости</p> <p>Разработка антимикробных материалов на основе многокомпонентных наночастиц, содержащих нитридные и металлические фазы на уровне одной частицы, и оценка их биологической активности</p> <p>Создание наноструктурных сорбентов и исследование сорбционной активности в отношении микроорганизмов</p> <p>Разработка опытных технологий получения высокоэффективных ранозаживляющих и сорбционных антимикробных материалов, не содержащих антибиотики и антисептики, для хирургии, комбустиологии, дерматологии и травматологии</p>
Биомеханически совместимые кардиологические и кишечные импланты и стенты с функциональными покрытиями		<p>Разработка научных основ создания биологически совместимых поверхностей и покрытий, в том числе с использованием электронно-ионно-плазменных технологий, влияющих на пролиферативную активность клеток</p> <p>Разработка принципов создания новых композиционно-полимерных биodeградируемых и экологически безопасных материалов, а также поверхностей и покрытий, включающих биологически активные молекулярные структуры</p> <p>Моделирование биоактивных конструкций для создания биомеханически совместимых имплантов и ангиохирургических стентов</p> <p>Определение оптимальных комбинаций химических элементов для формирования покрытий на кардиологические и кишечные импланты и стенты и оценки их рестенирования</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка аппаратных комплексов для формирования покрытий на импланты и стенты методами электронно-ионно-плазменных технологий с учетом индивидуальных особенностей человека</p> <p>Разработка новых методов очистки и наработки химически и экологически чистых мономеров для создания новых композиционно-полимерных материалов, в том числе для осаждения гидрофильных или гидрофобных полимерных покрытий на импланты и стенты</p> <p>Разработка методов компьютерного конструирования новых материалов и покрытий, биомеханически совместимых с полыми органами человека</p> <p>Исследование биологической эффективности новых кардиологических и кишечных имплантов и стентов на экспериментальных моделях болезней</p> <p>Разработка минимально травматичных методов доставки сердечно-сосудистых и кишечных имплантов и стентов в соответствующие области организма с использованием экспериментальных моделей</p>
<p>Композиционные материалы с функциональной структурой для дентальных и челюстно-лицевых имплантов</p>		<p>Исследование механизмов взаимодействия новых сплавов на основе циркония с клетками и тканями</p> <p>Исследование закономерностей остеоинтеграции материалов на основе циркония</p> <p>Оптимизация морфологии поверхности в соответствии со структурой костной ткани с целью сокращения сроков, необходимых для процессов остеоинтеграции</p> <p>Модификация поверхности композитов тонкими биосовместимыми покрытиями</p> <p>Разработка методов стерилизации поверхности композитов посредством электронного и ионно-плазменного воздействия и способов оценки степени стерильности</p> <p>Разработка конструкции дентальных и челюстно-лицевых имплантов нового поколения, обеспечивающих: наиболее комфортное проведение имплантации; сокращение сроков остеоинтеграции; гарантию надежности соединения имплантов с элементами принадлежности, используемых на последних этапах протезирования; долговечность имплантации и протезирования; повышение степени безопасности использования имплантов</p>
<p>Материалы для ортопедии, повторяющие архитектуру костной ткани</p>		<p>Разработка принципов структурного дизайна биокерамик и получение высокопрочных пористых керамик для эндопротезирования костного аппарата в структурно-фазовом состоянии, аналогичном природной костной ткани, провоцирующем ее пролиферацию в керамический каркас</p>

(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание пространственных структур, оптимальных для трехмерного новообразования костной ткани без угнетения ее морфогенетических потенциалов (обеспечение остеокондуктивности)</p> <p>Создание материалов, аналогичных природной костной ткани, и их исследование на экспериментальных моделях</p> <p>Разработка методов модификации внутривыводных поверхностей керамического материала биоактивными кальций-фосфатными соединениями, обеспечивающими контролируемую кинетику пролиферации костной ткани в выводящее пространство имплантата</p> <p>Разработка технологических подходов, обеспечивающих формирование пространственной структуры пористого керамического каркаса методами прямого прототипирования имплантатов, индивидуализированных для конкретного пациента</p> <p>Исследование биосовместимости и химической устойчивости эндопротезов</p> <p>Оценка прочности эндопротезов на фоне влияния органотканевого окружения при статических и динамических нагрузках</p>
<p>Материалы, стимулирующие регенеративные процессы при трансплантации и регулирующие клеточную активность и дифференцировку в организме</p>		<p>Исследование новых композитов для матриц – носителей стволовых клеток («тканевых биоконструкторов») на основе биосовместимых материалов, в том числе наноструктурированных металлов, и покрытий для отечественных высококачественных имплантатов, необходимых для развития регенеративной медицины</p> <p>Исследования <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> для развития концепции «тканевых биоконструкторов» различных поколений на основе ключевых технологий «ниша – рельеф» и «ниша – энергия» для стромальных и паренхиматозных стволовых клеток</p> <p>Разработка и изучение свойств 2D- и 3D-«тканевых биоконструкторов» с искусственными микротерриториями определенных размеров и плотности распределения для стимуляции роста эндогенных стволовых клеток</p> <p>Разработка протоколов создания и модернизации панелей матриц – носителей стволовых клеток («тканевых биоконструкторов»), оптимальных способов функционализации их структуры и поверхности</p>

3.3.6. Биоэлектродинамика и лучевая медицина

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- методы и аппаратно-программные комплексы для диагностики и лечения, основанные на технологиях направленного действия электромагнитных полей, высокоэнергизированных излучений; электродинамическое моделирование клеток и тканей;



- новые интерфейсы для регистрации и коррекции состояния организма;
- лабораторные протоколы применения электродинамических методов и методов лучевой терапии;
- аппаратно-программные комплексы для оптогенетических систем диагностики и лечения заболеваний нервной системы.

Табл. 3.7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Биоэлектродинамика и лучевая медицина»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Контактные устройства, предназначенные для взаимодействия клеток с искусственными системами, для замещения функций поврежденных органов		<p>Разработка технологии применения терагерцового излучения для физиотерапевтических целей</p> <p>Развитие физических основ низкотравматичной микрохирургии различных видов биологических тканей с использованием фемтосекундных лазерных импульсов</p>
Интегрированные электронные управляющие устройства для восстановления поврежденных функций и мониторинга текущего состояния организма, в том числе в удаленном режиме		<p>Разработка технологий роботизированной и визуализированной хирургии</p> <p>Разработка эффективных методов генерации и регистрации волн терагерцового излучения, создания лазерных спектроанализаторов со сверхширокой областью перестройки</p>
Системы визуализации внутренней структуры со сверхвысоким разрешением		<p>Разработка методов визуализации на основе ядерных технологий в сочетании с методами коррекции изображения в режиме реального времени, путем анализа сложных 3D-изображений</p> <p>Создание систем безопасности при использовании волн терагерцового излучения</p> <p>Разработка методов магнитно-резонансной спектроскопии</p> <p>Фундаментальные исследования биоэффектов терагерцового излучения, магнитных эффектов, биоэффектов сверхкоротких лазерных импульсов оптического диапазона, магнитных полей и др.</p> <p>Разработка средств визуализации на клеточном и субклеточном уровнях</p> <p>Разработка МРТ-технологий с повышенным контрастом изображения для работы в режиме реального времени</p> <p>Разработка функциональных МРТ-устройств со специализированным программным обеспечением</p> <p>Разработка технологий визуализации на основе сочетания высокочастотных, ультразвуковых, радиочастотных источников излучения, информационных технологий, в том числе в режиме реального времени</p> <p>Разработка средств визуализации на клеточном и субклеточном уровнях</p>

(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Высокочувствительные сенсоры физических и физиологических параметров человека		Разработка технологии диагностики недостаточности иммунной системы у практически здоровых лиц
Интерфейсы для нейрональной фотостимуляции		<p>Разработка источников монохроматического света, вживляемых в ткани в качестве микроимпланта</p> <p>Аппаратные комплексы для фотостимуляции определенных нейрональных групп</p> <p>Разработка программных алгоритмов и систем контроля функционирования целевой нейрональной группы</p> <p>Создание гибридных оптогенетических нейрональных систем, функционирование которых определяется рядом физиологических параметров</p>

3.3.7. Геномная паспортизация человека

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- национальные базы данных геномной информации;
- сеть центров прикладных геномных исследований;
- банк данных потенциальных биомишеней.

Табл. 3.8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Геномная паспортизация человека»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
База данных и база знаний генотипов и гаплотипов населения Российской Федерации		Разработка системы мониторинга состояния популяций
База данных и база знаний клинко-ассоциированных одиночных и множественных нуклеотидных полиморфизмов, генов и генных сетей, влияющих на эффективность фармакотерапии		<p>Разработка стандартизированной национальной системы биобанков, их включение в международные системы банков биологических образцов</p> <p>Разработка регистров заболеваний в поддержку биобанка</p> <p>Многоцентровые эпидемиологические исследования в области популяционной генетики этнических групп населения Российской Федерации</p> <p>Создание прототипов элементов вычислительных систем, реализующих перспективные принципы сопряжения, хранения и информационного обмена</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание прототипов мультязычных программных систем извлечения и формализации знаний из неструктурированной и слабоструктурированной информации, а также перспективных средств хранения и анализа знаний</p> <p>Разработка интегрированных электронных управляющих устройств для восстановления поврежденных функций и мониторинга текущего состояния организма, в том числе в удаленном режиме</p>
<p>Образцы аппаратно-программных комплексов и лабораторные протоколы применения реагентов для полногеномного секвенирования ДНК, анализа протеомных, транскрипционных и эпигенетических профилей человека</p>		<p>Создание прототипов аппаратно-программных комплексов и их элементов, реализующих перспективные принципы молекулярного анализа</p> <p>Разработка программных систем анализа данных статических и динамических маркеров патологических процессов и протоколов поддержки принятия решений</p> <p>Разработка новых реагентов и протоколов их применения для высокотехнологичных аппаратно-программных комплексов с целью создания новых систем молекулярного скрининга</p>



4 НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

4.1. Вызовы и окна возможностей

В последние годы нанотехнологии становятся все более доступными и с экономической точки зрения, и с технической стороны: появилась возможность моделировать, осуществлять и контролировать процессы, происходящие на наноуровне.

Развитие данной области стимулируется прежде всего растущим спросом на новые материалы, обусловленным, с одной стороны, истощением сырьевых ресурсов, с другой – активным внедрением нанотехнологий в производство товаров с принципиально новыми свойствами. Благодаря наноматериалам уже в ближайшем будущем могут появиться эффективные решения множества задач в таких отраслях, как энергетика, здравоохранение, производство пищевых продуктов.

По оптимистичным оценкам, первые заметные эффекты, особенно в сфере наноэлектроники, фотоники, нанобиотехнологий, медицинских товаров и оборудования, нейроэлектронных интерфейсов, наноэлектромеханических систем, ожидаются уже в ближайшие пять лет. Самыми значимыми прорывами следующего десятилетия могут стать молекулярное производство макроскопических объектов («настольные нанофабрики»), развитие атомного дизайна. Конвергенция нано-, инфо-, био- и когнитивных технологий в перспективе сможет послужить залогом повышения продолжительности активной стадии жизни человека.

Возможно, именно отмеченные направления будут определять уровень технологий будущего. Большие ожидания связаны в первую очередь с созданием гибридных структур, сочетающих органические фрагменты с неорганическими или живые ткани – с синтетическими компонентами, способными придать им новые свойства; развитием нанокompозитов, что позволит получать материалы с уникальными показателями прочности, эластичности и проводимости, крайне важными для прогресса альтернативной энергетики; математическим моделированием свойств наноматериалов, призванным существенно ускорить поиск новых систем с полезными свойствами.

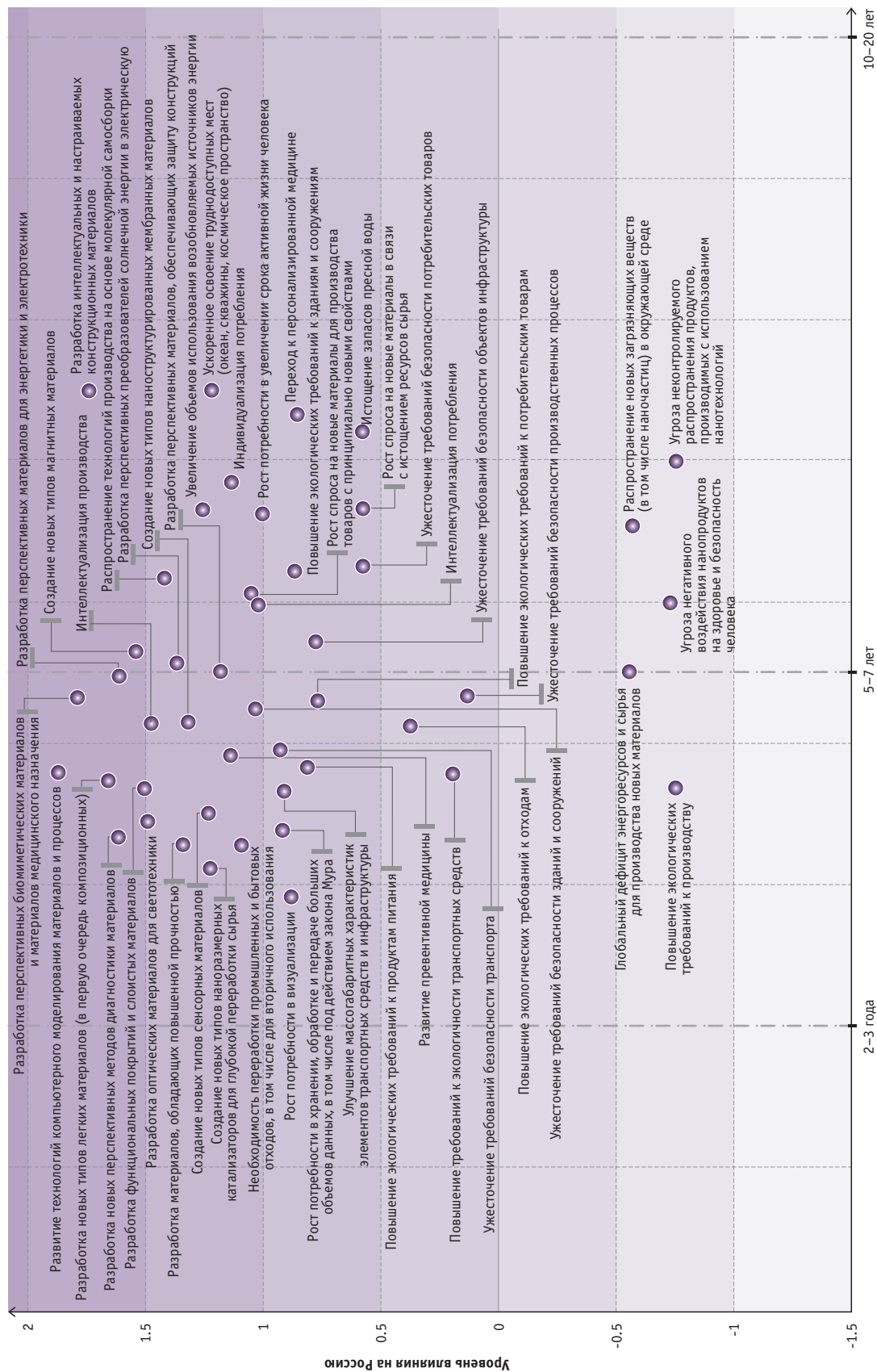
Наноматериалы будут играть значительную роль и в решении экологических проблем, составляя ядро современных сенсорных систем, средств водоочистки, процессов разделения и многих направлений «зеленой» химии. На них основан ряд новых лекарственных препаратов, средств их адресной доставки и технологий оперативной диагностики живых организмов.

Развитие направления «Новые материалы и нанотехнологии» в средне- и долгосрочной перспективе будет определяться вызовами и окнами возможностей, обусловленными глобальными трендами (рис. 4.1).

Новые *повышенные требования к производству*, связанные с необходимостью обеспечения безопасности, а также охраны окружающей среды, во многом детерминируют ключевые векторы развития нанотехнологий будущего.



Рис. 4.1. Новые материалы и нанотехнологии: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



Ожидается появление *новых типов легких композиционных материалов*, которые не уступают в прочности и экономичности существующим. Спектр их применения чрезвычайно велик: от авиакосмического сектора до спортивной индустрии и медицины. Кроме того, внедрение композиционных материалов будет способствовать развитию скоростных и использующих экологически чистые виды топлива видов транспорта, что в свою очередь благоприятно скажется на изменении образа жизни людей.

Применение *биомиметических материалов и материалов медицинского назначения*, в частности хирургических имплантов, поднимет на новый уровень эффективность и качество оказания медицинской помощи.

Широкие перспективы имеют *технологии компьютерного моделирования материалов и процессов*. С их помощью станет возможным моделировать процессы роста, агрегации, самосборки и самоорганизации наноматериалов, обеспечивая требуемую структуру и характеристики при использовании минимального числа реальных экспериментов.

Новые возможности открываются в связи с созданием *перспективных материалов для электротехники*, в том числе для разработки принципиально новых телекоммуникационных устройств, элементов систем экологического и космического мониторинга, тепловидения, нанодиагностики, робототехники, высокоточного оружия, средств борьбы с терроризмом и т.д. Уже сейчас производительность электроники и осветительной техники, возможности приборов кардинально меняются благодаря внедрению нанотехнологий и функциональных наноматериалов. Расширение сфер использования полупроводниковых наноструктур в ближайшем будущем позволит значительно уменьшить габариты устройств (например, средств наблюдения и регистрации), снизить их энергопотребление, улучшить стоимостные характеристики и использовать преимущества массового производства микро- и нанoeлектронных компонентов и систем.

Заметно возрастут масштабы применения *новых методов диагностики материалов*, которые позволят осуществлять контроль за состоянием сложных систем, подвергающихся физическим и химическим воздействиям. Благодаря использованию нанотехнологий удастся создать новые системы визуализации поверхности материалов с атомным разрешением.

Разработка и использование новых материалов и нанотехнологий явятся серьезной движущей силой модернизации и развития производства, инфраструктуры, социальной сферы. Так, прорывом может стать *распространение технологий производства на основе молекулярной самосборки*. По оценкам экспертов, сравнительно небольшое устройство («настолярная нанофабрика») с молекулярной точностью изготовит изделие объемом около 1 л и массой порядка 4 кг примерно за три часа.

Интеллектуальные и настраиваемые функциональные и конструкционные материалы с высокими показателями прочности, пластичности, легкости, прозрачности и отражающей способности в будущем могут потеснить используемые в настоящее время металлы и пластики. Произойдет дальнейшее повышение требований к техническим свойствам продуктов: устойчивости к излучению и коррозии, высоко- и низкотемпературному воздействию, старению материалов и др.

Ожидается активное распространение функциональных покрытий и слоистых материалов, которые найдут применение в машиностроении (детали, испытывающие трение, воздействие высоких температур и т.д.), производстве инструментов для различных сфер (медицины, металло- и деревообработки) и др.

Экспертами отмечены следующие *угрозы для России* в рассматриваемой области:

- дефицит современного научного и промышленного оборудования для разработки и производства нанопродуктов и новых материалов;



- барьеры для импорта технологий и материалов;
- отсутствие качественного отечественного сырья для изготовления нанопродукции;
- дефицит высококвалифицированных кадров;
- острая конкуренция со стороны зарубежных производителей;
- необходимость значительных инвестиций в организацию массового производства для достижения эффекта масштаба.

4.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Изменение сложившегося облика экономики и общества во многом связывают с широким распространением новых материалов и нанотехнологий в производственных процессах и секторе услуг. Как и в сфере ИКТ, инновационные рынки нанотехнологических продуктов и новых материалов становятся неотъемлемой частью более крупных отраслевых рынков, в ряде которых значимая доля продукции базируется на нанотехнологиях и новых материалах.

Эксперты выразили консолидированное мнение относительно большинства сфер применения – будущих рынков нанотехнологий и новых материалов. В кратко- и долгосрочном периодах основной областью применения этих материалов станет электроника. Функциональные наноматериалы будут использоваться практически во всей компьютерной и радиоэлектронной технике и в подавляющем большинстве видов бытовых приборов. Однако если в 2015 г., по оценкам экспертов, доля электроники на рынке нанотехнологий в России превысит три четверти, то к 2030 г. она снизится до одной пятой – за счет расширения внедрения новых материалов в автомобильной и авиакосмической отраслях, судостроении, пищевой промышленности, строительном комплексе. В долгосрочной перспективе ожидается также активное развитие рынков, характеризующихся сочетанием значительных объемов и высоких темпов роста, – оборудования для добывающей и обрабатывающей промышленности, фармацевтики и производства медицинского оборудования, электроэнергетики.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»:

- авиакосмическая техника и инфраструктура;
- автотранспортные средства и дорожная инфраструктура;
- атомная энергетика;
- бытовая химия и парфюмерия;
- водный транспорт (суда и портовая инфраструктура);
- возобновляемые источники энергии (солнечная и ветряная энергетика);
- железнодорожный транспорт (подвижной состав и дорожное хозяйство);
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- лесопромышленный комплекс;
- нефтегазопереработка и нефтехимия;
- оборудование для добывающей и обрабатывающей промышленности;
- осветительное оборудование;
- пищевая промышленность;
- приборостроение;
- сельское хозяйство;
- специальная техника;
- спортивные товары;
- станкостроение;



- строительный комплекс;
- текстильные изделия и изделия из кожи;
- фармацевтика и медицинское оборудование;
- экология;
- электроника и средства связи;
- электроэнергетика.

Для каждого из перечисленных выше перспективных рынков были определены инновационные продукты и услуги, которые появятся в период до 2030 г. (табл. 4.1), и выявлены важнейшие характеристики, обеспечивающие их конкурентоспособность (табл. 4.2).

Табл. 4.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
Авиакосмическая техника и инфраструктура	Сенсоры для анализа состава различных сред Датчики физических величин на основе наноматериалов Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей Новые типы легких и высокопрочных материалов Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие) Наноструктурированные антикоррозионные покрытия Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы Наноструктурированные гидрофобные материалы Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы) Солнечные батареи нового поколения Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами Элементы электроники на основе графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок, квантовых точек Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы
Автотранспортные средства и дорожная инфраструктура	Наноструктурированные материалы для химических источников тока Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей Сенсоры для анализа состава различных сред Датчики физических величин на основе наноматериалов Новые типы легких и высокопрочных материалов



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
	<p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p>
Атомная энергетика	<p>Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки)</p>
Бытовая химия и парфюмерия	<p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p> <p>Нанотехнологии и нанокатализаторы для производства химических продуктов и парфюмерии</p>
Водный транспорт (суда и портовая инфраструктура)	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Солнечные батареи нового поколения</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
	<p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы</p>
Возобновляемые источники энергии (солнечная и ветряная энергетика)	<p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p>
Железнодорожный транспорт (подвижной состав и дорожное хозяйство)	<p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы</p>
Жилищно-коммунальное хозяйство	<p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
	<p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «само-залечивающиеся» материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p>
Лесопромышленный комплекс	<p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Солнечные батареи нового поколения</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p>
Мониторинг, охрана и восстановление окружающей среды	<p>Сенсоры для анализа состава различных сред</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p>
Нефтегазопереработка и нефтехимия	<p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Сенсоры для анализа состава различных сред</p> <p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p>
Оборудование для добывающей и обрабатывающей промышленности	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
	<p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Нано- и микроробототехнические системы</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p>
Осветительное оборудование	<p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Солнечные батареи нового поколения</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p>
Пищевая промышленность	<p>Сенсоры для анализа состава различных сред</p> <p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p>
Приборостроение	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
Сельское хозяйство	<p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p>
Специальная техника	<p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p>
Спортивные товары	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p>
Станкостроение	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p>
Строительный комплекс	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
	<p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Радиационнстойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p> <p>Нано- и микроробототехнические системы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «само-залечивающиеся» материалы</p>
Текстильные изделия и изделия из кожи	<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Радиационнстойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p>
Фармацевтика и медицинское оборудование	<p>Сенсоры для анализа состава различных сред</p> <p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p> <p>Системы доставки лекарств</p> <p>Наноструктурированные биосовместимые материалы</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Нано- и микроробототехнические системы</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p> <p>Газоразделительные мембранные наноматериалы</p> <p>Молекулярная самосборка и самоорганизация наномеханических систем</p>



(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг
<p>Электроника и средства связи</p>	<p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p> <p>Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)</p> <p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Солнечные батареи нового поколения</p> <p>Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Элементы электроники на основе графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок, квантовых точек</p> <p>Элементы электроники на базе мемристоров</p> <p>Нано- и микроробототехнические системы</p> <p>Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы</p> <p>Молекулярная самосборка и самоорганизация наномеханических систем</p>
<p>Электроэнергетика</p>	<p>Топливные элементы, катализаторы для получения инновационных энергоносителей</p> <p>Наноструктурированные материалы для химических источников тока</p> <p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p> <p>Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы</p> <p>Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)</p> <p>Наноструктурированные антикоррозионные покрытия</p> <p>Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы</p> <p>Наноструктурированные гидрофобные материалы</p> <p>Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия</p> <p>Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами</p> <p>Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы</p> <p>Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки (водоподготовки, переработки пищевого сырья)</p>



Табл. 4.2. Инновационные продуктовые группы приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»

Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Топливные элементы	Высокая эффективность работы катализатора (КПД использования топлива) Толерантность катализатора к CO Малое время запуска топливного элемента Высокие требования к чистоте горючего Невысокие затраты на производство дорогостоящих металлов платиновой группы Стабильность проводящих мембран, их способность работать при повышенной температуре и низкой влажности Длительный срок эксплуатации без существенного падения рабочих характеристик Возможность утилизации
Катализаторы для получения инновационных энергоносителей	Высокая селективность Высокая конверсия Высокая производительность Способность к регенерации Легкость отделения от продуктов Невысокая стоимость
Наноструктурированные материалы для химических источников тока	Высокая скорость перезарядки Малый размер и высокая удельная электрохимическая емкость источника тока, катодного и анодного материалов Стабильность мощностных характеристик при высоких скоростях заряда и разряда Стабильность рабочих характеристик и высокий ресурс работы (циклируемость) Электропроводность электродных материалов и электролита Возможность эффективной работы при низких температурах Безопасность Невысокая стоимость
Сенсоры для анализа состава различных сред	Высокая чувствительность Малая погрешность определения Высокая селективность Короткое время отклика Широкий диапазон концентраций детектируемых веществ Возможность одновременного детектирования нескольких веществ (для мультисенсорных систем типа «электронный нос», «электронный язык» и пр.) Компактность Стабильность работы, возможность самокалибровки Невысокая стоимость



(продолжение)

Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Удобство использования</p> <p>Низкое энергопотребление</p>
<p>Датчики физических величин на основе наноматериалов</p>	<p>Высокая точность</p> <p>Высокая чувствительность</p> <p>Высокая эффективность</p> <p>Быстродействие</p> <p>Безопасность</p> <p>Возможность применения для широкого круга приложений</p> <p>Соответствие специальным техническим характеристикам</p> <p>Невысокая стоимость</p>
<p>Системы доставки лекарств</p>	<p>Адресность доставки</p> <p>Высокая эффективность</p> <p>Отсутствие токсичности или побочных эффектов</p> <p>Быстродействие</p> <p>Продолжительное время эффективного действия препарата в организме</p> <p>Широкий диапазон применения</p> <p>Безопасность</p> <p>Низкая себестоимость производства</p>
<p>Наноструктурированные биосовместимые материалы</p>	<p>Бактерицидные свойства</p> <p>Отсутствие аутоиммунного ответа и токсичности</p> <p>Биорезорбируемость</p> <p>Регенерационные свойства</p> <p>Высокая эффективность</p> <p>Высокая удельная прочность и эластичность</p> <p>Соответствие заданным дополнительным требованиям (водонепроницаемость, возможность включения живых тканей и т.д.)</p>
<p>Новые типы легких и высокопрочных материалов</p>	<p>Высокая прочность</p> <p>Высокая тепло- и термостойкость</p> <p>Морозостойкость, способность противостоять резким перепадам температур при сохранении рабочих характеристик</p> <p>Низкий удельный вес</p> <p>Механические свойства (длительная прочность, пластичность, твердость, трещиностойкость, сопротивление усталости и ползучести и др.)</p>



(продолжение)

Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Технологические свойства (обрабатываемость давлением, температурным воздействием, режущим инструментом; свариваемость, литейные свойства и др.)</p> <p>Специальные служебные или эксплуатационные свойства (стойкость к износу, коррозии и радиации; устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам и т.д.)</p>
Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы	<p>Термостабильность</p> <p>Малый удельный вес</p> <p>Высокая механическая прочность</p> <p>Высокая трещино-, термо- и эрозионная стойкость</p> <p>Наличие специальных свойств</p> <p>Невысокая стоимость</p>
Наноструктурированные композиционные и керамические материалы и покрытия с особыми термическими свойствами (теплопроводящие, терморегулирующие)	<p>Теплопроводность</p> <p>Отражательная способность по отношению к световым и тепловым потокам</p> <p>Высокая прочность и упругость</p> <p>Высокая вязкость разрушения и удельная ударная вязкость</p> <p>Сохранение функциональных характеристик в широком диапазоне температур</p> <p>Малый удельный вес</p> <p>Невысокая стоимость</p>
Наноструктурированные антикоррозионные покрытия	<p>Высокая химическая стойкость</p> <p>Устойчивость в агрессивных средах</p> <p>Устойчивость при повышенных температурах</p> <p>Технологичность</p> <p>Малый удельный вес</p> <p>Антистатичность</p> <p>Маслобензостойкость</p> <p>Гидрофобность, влагостойкость</p> <p>Высокая адгезия к материалам трубопроводов</p> <p>Невысокая стоимость</p>
Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы	<p>Низкий коэффициент трения</p> <p>Высокая адгезия к различным материалам</p> <p>Прочность и износостойкость</p> <p>Высокая ударная вязкость</p> <p>Стабильность структуры</p> <p>Невысокая стоимость производства</p>



(продолжение)

Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Наноструктурированные гидрофобные материалы	Гидрофобность Технологичность Термо- и химическая стабильность Безопасность и простота применения Длительный срок эксплуатации Невысокая стоимость продукта
Радиационностойкие и радиозащитные наноструктурированные композиционные материалы и покрытия	Радиационная стойкость Радиозащитные качества Механическая прочность Термостабильность Безопасность применения Долговечность Невысокая стоимость
Наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами (фотонные кристаллы)	Оптическая и диэлектрическая проницаемость Термостабильность Селективность испускания Высококачественные оптические моды Невысокая стоимость
Солнечные батареи нового поколения	Высокий КПД Длительный срок эксплуатации Возможность использования инфракрасного диапазона спектра Высокая мощность Возможность быстрого разворачивания устройства Радиационная устойчивость
Излучатели (в том числе лазеры и органические светодиоды) на основе наногетероструктур	Высокая генерируемая мощность Широкий световой диапазон излучения Длительный срок эксплуатации Возможность регенерации Компактность Возможность придания изделию специальной формы (плоской, рельефной и пр.) Светопроницаемость Экологичность Широта применения Возможность масштабирования и организации массового производства (технологичность)



(продолжение)

Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	Совместимость с основными элементами современной микроэлектроники Невысокая стоимость
Композиционные, керамические материалы и нанофлюидика с особыми магнитными свойствами	Высокая намагниченность насыщения наножидкости Коэрцитивная сила Высокая термостабильность Седиментационная и агрегативная устойчивость Низкая электропроводность Сочетание текучести и магнитоуправляемости Невысокая стоимость
Элементы электроники на основе графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок, квантовых точек	Высокая энергоэффективность Проводимость Малая ширина запрещенной зоны Минимальные потери на сопротивление Малые размеры Продолжительный срок устойчивой эксплуатации Невысокая стоимость
Элементы электроники на базе мемристоров	Чувствительность Большой объем хранимой информации Надежность Безопасность Невысокая стоимость
Наноструктурированные композиционные материалы с особыми электропроводящими свойствами, включая сверхпроводящие материалы	Электропроводность Селективность переноса Стабильность эксплуатации при низких и высоких температурах Эластичность Механическая прочность Экологичность Невысокая стоимость
Нано- и микроробототехнические системы	Низкое энергопотребление Компактность Низкая материалоемкость Быстродействие Продолжительный срок эксплуатации Большой объем хранимой информации Тиражируемость Широта решаемых задач Надежность



(окончание)

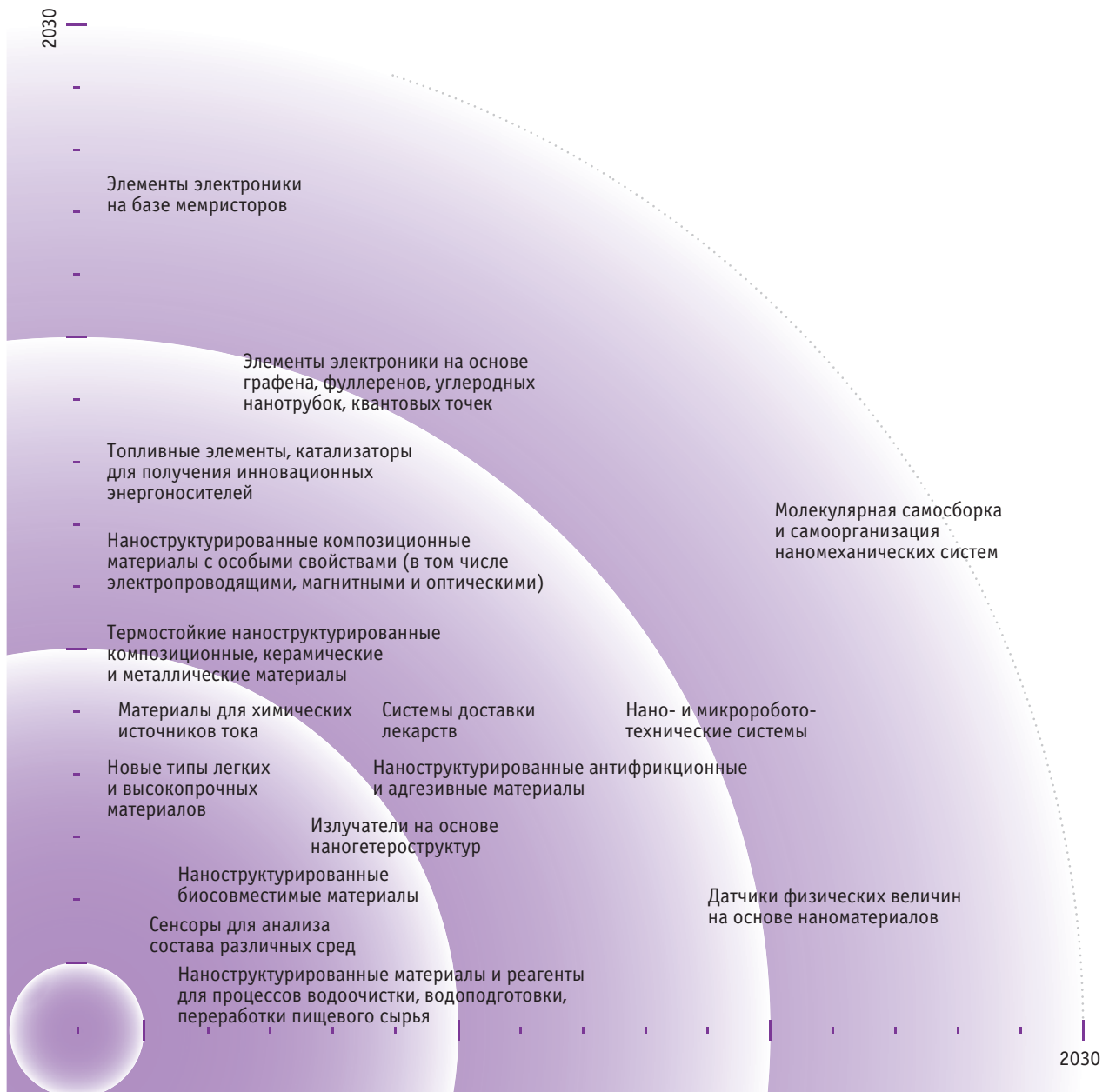
Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Наноструктурированные материалы с эффектом «памяти формы» и «самозалечивающиеся» материалы	Скорость восстановления / «самозалечивания» Возможность повторных восстановлений Высокие значения прочности, твердости и эластичности Низкая стоимость
Наноструктурированные материалы и реагенты для процессов водоочистки, водоподготовки, переработки пищевого сырья	Селективность переноса Высокая производительность Стойкость к отравлению (в том числе биологическому) и засорению Электропроводность Проницаемость по отношению к фильтруемым растворам и частицам различных размеров Широкий спектр удаляемых загрязнений Высокое рабочее давление Способность к концентрации отложений Химическая стабильность мембраны Низкая стоимость
Газоразделительные мембранные наноматериалы	Селективность переноса Высокая производительность Химическая и термостабильность Невысокие энергозатраты при разделении Стойкость мембраны Широта применения Низкая стоимость
Молекулярная самосборка и самоорганизация наномеханических систем	Компактность Высокая производительность Низкие энергозатраты Потенциальная широта применения

Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отражены на рис. 4.2.

Применение наноструктурированных материалов и покрытий в *сенсорах для анализа состава различных сред* позволит увеличить их быстродействие за счет снижения времени диффузии в объеме чувствительного слоя и повысить чувствительность за счет увеличения удельной поверхности. С использованием нанотехнологий могут разрабатываться новые типы чувствительных материалов для миниатюрных мультисенсорных матриц (датчиков), встраиваемых в приборы бытовой электроники и элементы одежды, а также размещаемых в производственных и жилых помещениях.



Рис. 4.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Новые материалы и нанотехнологии»



Датчики физических величин на основе наноматериалов могут использоваться в специальных измерительных приборах. Они включают две подгруппы инновационных продуктов:

- датчики измерения электромагнитных волн: жесткого рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного, радиоизлучения и т.д.;
- датчики измерения линейных и угловых перемещений (на базе материалов из нанотрубок с нулевым коэффициентом поперечной деформации), ускорений (на основе туннельного эффекта с чувствительными наноэлементами), терагерцового излучения с использованием планарных наноструктур (на основе ультратонких металлических пленок); оптические наносенсоры механических напряжений (на основе эластичных инвертированных фотонных кристаллов) и др.



В краткосрочном периоде следует ожидать появления *наноструктурированных материалов и реагентов для процессов водоочистки, водоподготовки, переработки пищевого сырья*. С переходом на эти технологии будут в значительной степени решены проблемы снабжения населения питьевой водой и эффективной очистки бытовых и промышленных стоков, в том числе за счет использования различных типов гибридных мембран с внедренными наночастицами. Существенно интенсифицировать процессы очистки воды можно при использовании новых типов ультра- и нанофильтрационных мембран, мембран с асимметричным (градиентным) распределением наночастиц – путем перестройки систем пор и каналов мембран, за счет внедрения электромембранных технологий, позволяющих увеличить электрокаталитическую активность мембран с внедренными наночастицами в реакции диссоциации воды, повышающими скорость ее электродиализной очистки в режиме сверхпределных токов. Ионообменные и мембранные материалы, содержащие наночастицы металлов, служат для глубокого удаления растворенного кислорода из воды, что крайне важно для ряда процессов современной электронной промышленности. Фильтрационные и ионообменные мембраны будут широко использоваться в процессах производства и переработки пищевых продуктов.

В ближайшей перспективе активное развитие технологий создания *наноструктурированных биосовместимых материалов* медицинского назначения ожидается прежде всего по двум направлениям:

- разработка материалов для изготовления имплантов и заменителей различных тканей (например, на прочные и сравнительно легкие титановые импланты наносятся оксидные или фосфатные биопокрывтия для предотвращения отторжения живыми тканями);
- создание материалов, подобных по свойствам и структуре тканям в организме человека. Примером могут служить костные импланты с пористой структурой на основе фосфатов кальция. В оптимальном варианте медицинские материалы должны доставляться естественными тканями.

С появлением наноструктурированных биосовместимых и биорезорбируемых материалов кардинально меняются структура рынка протезов и имплантов, принципы и подходы к протезированию. Внедрение новых технологий позволит увеличить срок активной жизни человека, снизить степень инвалидизации населения, улучшить качество жизни людей.

К радикальному повышению эффективности лекарственной терапии приведет использование *систем доставки лекарств*. В качестве носителя лекарственных средств могут выступать высокопористые наночастицы или нанокапсулы. Системы направленной доставки способствуют экономичному расходованию лекарственных веществ, снижению уровня токсичности, чем существенно нивелируют их побочное воздействие.

К *новым типам легких и высокопрочных материалов* в первую очередь относятся продукты на основе углеродных волокон. Их важнейшие характеристики – высокие значения модуля упругости и прочности, легкость, низкий коэффициент трения, стойкость к атмосферному воздействию и химическим реагентам – и особенности структуры позволяют комбинировать углеволокнистые материалы с другими типами волокон: борными, стеклянными, арамидными. В результате могут быть получены легкие и прочные изделия, совмещающие конкурентные преимущества исходных материалов. Подобные гибридные композиты уже находят применение в авиакосмическом секторе и производстве спортивного снаряжения. Материалы, характеризующиеся легкостью и высокой прочностью, могут быть созданы также на основе наноструктурированных сплавов алюминия, титана и некоторых других металлов.

Наиболее востребованными окажутся следующие продукты:

- высокопрочные смеси на основе наноструктурированных конструкционных полимеров;
- полимерные композиционные материалы с добавлением малого количества углеродных наночастиц;
- композиционные материалы повышенной прочности на основе наноматериалов с применением древесины;



- наноструктурированные композиционные материалы на основе легких металлов (Al, Ti, Mg), содержащие нановолокна из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, и т.д.

Усилия многих исследовательских групп сосредоточены на разработке технологий наноструктурированных *материалов для химических источников тока*. Их использование позволит увеличить удельную емкость электродов, повысив мощность источников и обеспечить их миниатюризацию и высокую безопасность. Важным параметром является также расширение температур эксплуатации этих источников энергии. К наиболее перспективным химическим источникам тока следует отнести:

- литий-ионные аккумуляторы;
- топливные элементы.

Эти устройства смогут использовать большую линейку нанотехнологических материалов, применяемых для конструирования источников энергии различного типа, в частности:

- гибридные наноструктурированные протонпроводящие мембраны с включением наночастиц, улучшающих их транспортные свойства, и наноразмерные катализаторы на основе платины и переходных металлов (включая катализаторы типа «ядро в оболочке»), применяемые для создания топливных элементов;
- наноразмерные катодные и анодные материалы со смешанной электронно-ионной проводимостью и наноструктурированные материалы на базе различных форм кремния и углерода, служащие основой для создания литий-ионных аккумуляторов.

Близко к ним примыкают катализаторы для получения инновационных энергоносителей и химических продуктов, многие из которых уже сейчас используются в производстве:

- эффективные наноразмерные катализаторы для глубокой переработки нефтепродуктов и природного газа;
- наноразмерные катализаторы для конверсии природного и попутных газов нефтедобычи в жидкое топливо, водород и ценные органические продукты;
- наноразмерные катализаторы для переработки возобновляемого сырья (биогаза и биомассы) в ценные органические продукты;
- широкий спектр наноразмерных катализаторов для производства инновационных и переработки природных энергоносителей;
- наноразмерные мембраны на основе сложных оксидов со структурой перовскитов, шпинели и флюорита, используемые в процессах парциального окисления метана и сопутствующих газов в синтез-газ при пониженной температуре, или наноразмерные катализаторы конверсии продуктов биомассы в синтез-газ.

Широкими перспективами обладают *излучатели на основе наногетероструктур*, в том числе лазеры и органические светодиоды. Органические светодиоды, одни из наиболее экономичных источников света, отличаются уникальным тонким дизайном и высокой гибкостью, обеспечивают широкую гамму светового диапазона и привычную для человека геометрию световых потоков. Их можно изготовить в любой, практически произвольной форме и «вписать» в рабочие и жилые помещения различного объема. Лазеры уже сейчас находят активное применение в медицине, машиностроении, строительстве и геодезии, при создании печатных плат и интегральных схем. Они используются для обнаружения различных веществ (в том числе взрывчатых), нагрева при термоядерном синтезе, в астрономии.

Термостойкие наноструктурированные композиционные, керамические и металлические материалы имеют большой потенциал применения во многих отраслях (авиастроении, электроэнергетике и др.) благодаря устойчивости к химическому разложению при повышенных температурах. Среди этой линейки инновационных продуктов можно выделить:

- углерод-углеродные конструкционные материалы с максимальной температурой эксплуатации до 1650 °С;
- легкие высокопрочные слоистые композиционные металл-интерметаллидные материалы, пригодные к эксплуатации в условиях высоких температур и критических по величине температурных градиентов;



- жаростойкие композиционные покрытия, упрочненные наноразмерными силицидами, позволяющие увеличить температуру и продолжительность эксплуатации изделий, а также их надежность в 1.5 раза;
- углеволокнистые композиты с металлической матрицей для производства теплостойких конструкционных изделий с заданной наноструктурой.

Большую группу инновационных продуктов образуют *наноструктурированные композиционные материалы с особыми свойствами (в том числе электропроводящими, магнитными и оптическими)*, предназначенные для передачи и трансформации электрического тока. Основные приложения рассматриваемого типа материалов развиваются в направлениях передачи токов большой мощности и миниатюризации устройств.

Весьма востребованными к 2030 г. будут наноструктурированные композиционные материалы с особыми оптическими свойствами, в том числе фотонные кристаллы. В среднесрочной перспективе ожидается использование систем, обладающих сенсорными свойствами, например, способностью менять диапазон или интенсивность испускаемого света при взаимодействии с определенными реагентами. Возможна существенная оптимизация ключевых функциональных параметров оптоволоконных линий связи, обеспечивающих надежно экранированный многоканальный способ передачи информации, – скорости и качества передачи – за счет применения наноструктурированных материалов, с одной стороны, обладающих чрезвычайно высоким уровнем помехозащищенности, с другой – не являющихся источником излучения. Применение фотонно-кристаллических и микроструктурированных волокон открывает новые возможности для использования оптических волокон в датчиках физических величин.

Наноструктурированные антифрикционные и адгезивные материалы найдут широкое применение в различных отраслях промышленности. Среди наиболее перспективных материалов и продуктов данной группы следует отметить:

- сепараторы высокотемпературных подшипников качения, способных работать без смазки в агрессивных средах;
- неорганические композиты, содержащие углеродные нанотрубки и графен;
- подшипники, содержащие наноразмерные модифицирующие добавки;
- износостойкие наноструктурированные композиционные материалы, полученные с использованием специальной порошковой заготовки;
- полимерные смазочные материалы, содержащие инертные наночастицы (ZnO , SiO_2 , TiO_2 , SiC , карбиды и нитриды вольфрама, титана) для улучшения механических характеристик;
- многослойные наноконпозиционные полимерные покрытия для внутренней отделки трубопроводов, снижающие коэффициент трения, и др.

Нано- и микроробототехнические системы представляются весьма привлекательными для использования в медицине, в том числе для создания хирургических устройств нового поколения. В этой группе перспективны такие продукты, как:

- подвижные элементы нано- и микроробототехнических систем на основе слоистых наноконпозиционных материалов;
- интегрированное оборудование на базе механотронных модулей для механической обработки деталей сложной формы;
- активные наноструктуры на основе магнитоупругих материалов и мультиферроиков с искусственно вызванными критическими состояниями, предназначенные для микроэлектромеханических систем;
- применяемые для пространственного позиционирования наносистем и нанотехнологического оборудования механотронные модули на базе шаговых микроэлектродвигателей, роликвинтовых передач и микропроцессорных систем управления.



Важным прорывом в электронной промышленности станет развитие *элементов электроники на основе графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок, квантовых точек*. Разрабатываемые на их базе электронные устройства, обладая очень малыми габаритами и массой, будут иметь весьма высокие функциональные параметры. Предполагается, что после освоения частотного диапазона до нескольких терагерц и существенного повышения быстродействия вычислительных систем могут быть созданы принципиально новые коммуникационные устройства с беспрецедентно широкой полосой канала. Это откроет новую нишу для высокоскоростных сетей передачи данных малого радиуса действия и позволит полностью отказаться от использования кабелей при подключении аудио-, теле- и видеопаратуры, домашних кинотеатров при передаче многопоточкового видео с высоким разрешением. Графеновые фотодиоды, используемые в качестве фотоприемников терагерцового диапазона, можно будет встраивать в компактные системы безопасности (для обнаружения оружия, наркотиков, взрывчатых веществ и т.п.).

Новые возможности в создании нейроморфных вычислительных систем с принципиально новой архитектурой откроют *элементы электроники на базе мемристоров*. Это кардинально увеличит их быстродействие при решении задач, плохо алгоритмизируемых на классических компьютерах, и значительно снизит удельное энергопотребление. В области «умной» электроники станет возможным контролируемое изменение электрического сопротивления функциональных материалов с долговременным хранением указанного состояния, что позволит использовать указанные структуры в качестве аналогов синапсов при аппаратной реализации нейросетей и построении нейроморфных вычислительных систем.

К самому дальнему горизонту следует отнести технологии *молекулярной самосборки*. Продукты данной группы получают наиболее широкое распространение. Так, самособирающиеся микросхемы будут особо экономичными, производительными и энергоэффективными. Серьезный потенциал имеют медицинские приложения (в частности, для создания средств диагностики и систем адресной доставки лекарств).

Для рассмотренных инновационных продуктов были определены ведущие отечественные и зарубежные научно-исследовательские центры, где активно ведутся работы в указанных направлениях. Наиболее заметные успехи в области разработки новых материалов демонстрируют организации США, стран ЕС (в первую очередь Германии, Нидерландов, Великобритании), Японии и Республики Корея. В России имеются конкурентоспособные коллективы в научно-исследовательских институтах РАН, государственных научных центрах и ведущих вузах.

4.3. Перспективные направления научных исследований

Возможности России включиться в описанные выше тренды или даже занять лидирующие позиции в некоторых сферах во многом определяются уровнем научно-технологических заделов. В рамках формирования прогноза были выделены четыре наиболее перспективные области научных исследований рассматриваемого приоритетного направления (рис. 4.3).

Уровень российских исследований в сфере нанотехнологий и новых материалов был оценен экспертами достаточно высоко, в частности, в таких областях, как разработка наноразмерных катализаторов для глубокой переработки сырья и создание наноструктурированных мембранных материалов. Однако существуют и «белые пятна» – области, в которых результаты проводимых в стране исследований признаны невысокими. К ним относится, например, разработка конструкционных материалов для энергетики.



Рис. 4.3. Тематические области приоритетного направления «Новые материалы и нанотехнологии»



4.3.1. Конструкционные и функциональные материалы

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- градиентные покрытия на основе нанокompозитов с эффективной защитой узлов и агрегатов от внешних факторов;
- композиционные интерметаллидные наноструктурированные покрытия для защиты конструкций в экстремальных условиях;
- углеволоконные композиты с керамической матрицей на основе высокопрочных, высокомодульных нитей с пониженной массой и повышенной термостабильностью для производства элементов конструкции самолетов, ракет и космических станций;
- конструкционные материалы нового поколения с новой архитектурой и свойствами, в первую очередь механическими: повышенными прочностью, пластичностью, твердостью, трещиностойкостью, сопротивлением усталости и др.;
- функциональные материалы нового поколения с новыми свойствами (оптическими, транспортными, излучательными и др.), обусловленными наличием структурных элементов наномасштабных размеров;
- многоядерные процессоры на основе фотонных нанопереклюателей, повышающие пропускную способность внутрочиповых соединений при снижении энергопотребления;
- солнечные батареи, преобразующие до 90% световой энергии в электрическую; батареи, использующие инфракрасный диапазон и коротковолновую область солнечного спектра;
- новые материалы для альтернативных источников электроэнергии на основе нанотехнологий;
- сверхмощные керамические магниты для изготовления высокоэффективного электроэнергетического оборудования и его компонентов и др.



Табл. 4.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Конструкционные и функциональные материалы»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Высокопрочные материалы		<p>Разработка высокопрочных и высокомодульных композиционных материалов с высоким сопротивлением статическим, повторно-статическим, динамическим нагрузкам</p> <p>Разработка полиматричных композиционных материалов, армированных наноразмерными наполнителями, с повышенной прочностью и термостойкостью</p> <p>Разработка высокопрочных, высокомодульных и теплопроводящих углеродных армирующих волокнистых материалов на основе полимеров и мезофазных пеков</p>
Износостойкие материалы		<p>Разработка трещиностойких слоистых металлополимерных материалов и металлостеклопластиков, в том числе армированных</p> <p>Разработка антифрикционных материалов, модифицированных наноструктурами, с высокими показателями прочности и износостойкости в условиях воздействия агрессивных газовых и жидких сред</p> <p>Разработка сверхлегких ударостойких композиционных материалов на основе термостойких градиентных пеноматериалов</p> <p>Разработка материалов для защиты от ударных, вибрационных воздействий, шума и электромагнитного излучения</p> <p>Разработка термостойких и ударостойких связующих и уплотнительных материалов для композиционных материалов конструкционного и функционального назначения</p>
Антикоррозионные материалы		<p>Разработка материалов, обладающих повышенной стойкостью к окислению и коррозии</p> <p>Создание функциональных покрытий с низкой адгезией к солям жесткости, малой шероховатостью и высокими антикоррозионными свойствами для увеличения срока службы тепловых сетей и снижения их гидравлического сопротивления</p> <p>Разработка слоистых, градиентных, упрочняющих и барьерных покрытий для защиты материалов от коррозионных повреждений, механического и эрозийного износа, тепловых воздействий, обеспечивающих возможность эксплуатации материалов в разных климатических условиях</p>
Термостойкие материалы		<p>Разработка композиционных материалов с регламентированной структурой, работоспособных при температурах до 1700–2500 °С</p> <p>Разработка термопрочных и термостойких углеродных и углерод-керамических материалов, в том числе модифицированных наночастицами и многомерно армированных</p> <p>Разработка легких высокотемпературных интерметаллидных материалов и материалов на интерметаллидной матрице, упрочненной тугоплавкими оксидами и волокнами</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка сверхлегких пеноматериалов, волокнистых теплозащитных и теплоизоляционных материалов, в том числе много-разовых и абляционных</p> <p>Разработка теплозащитных покрытий с керамическим слоем пониженной теплопроводности и композитными барьерными слоями</p> <p>Разработка материалов и покрытий для эксплуатации в условиях экстремально высоких температур и динамических нагрузок для использования в мощных газовых турбинах с длительным ресурсом работы, при переменных нагрузках с большими амплитудами и скоростями их изменений, а также в теплоэнергетических установках с ультравысокими параметрами пара</p>
<p>Радиационностойкие материалы</p>		<p>Разработка радиационно- и коррозионностойких материалов, в том числе дисперсно-упрочненных сталей и сплавов</p> <p>Разработка радиационностойких теплозащитных покрытий</p>
<p>Интеллектуальные и настраиваемые конструкционные материалы</p>		<p>Разработка композиционных материалов с адаптацией к внешним воздействиям (термическим и механическим нагрузкам и др.)</p> <p>Разработка материалов, обладающих памятью и восстанавливающих первоначальную форму при термическом или химическом воздействии</p> <p>Разработка самовосстанавливающихся материалов</p> <p>Разработка материалов с интегрированными в структуру оптоволоконными и электрическими элементами, обладающих функциями самодиагностики и беспроводного мониторинга напряженно-деформированного состояния</p> <p>Разработка материалов с интегрированными в структуру пьезоэлектрическими актюаторными элементами, способных адаптироваться к внешним воздействиям, в том числе изменять размеры, форму и свойства</p> <p>Разработка высокодеформативных материалов, обладающих функциями «самозалечивания», в том числе с многомерным армированием</p>
<p>Связующие материалы</p>		<p>Разработка связующих материалов, служащих интегрирующей основой для создания конструкционных многофункциональных материалов</p>
<p>Сенсорные материалы</p>		<p>Разработка наноматериалов для миниатюрных высокочувствительных хемосенсоров с высокой селективностью</p> <p>Разработка сенсорных материалов с фрагментами биологических структур, биосенсоров, биочипов и гибридных датчиков на их основе, нейробиоинтерфейсов</p>




(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Материалы с особыми электромагнитными свойствами		<p>Разработка углеродных структур для нанoeлектроники</p> <p>Разработка органических высокомолекулярных электропроводящих полимеров, в том числе со смешанной (электронно-ионной) проводимостью</p> <p>Разработка сверхпроводящих материалов, в том числе высокотемпературных</p> <p>Разработка наноматериалов для нового поколения электрохимических источников тока</p> <p>Разработка функциональных нанокристаллических покрытий со специальными электрическими и магнитными свойствами</p> <p>Разработка материалов для защиты от вибрационных, акустических и электрических воздействий, снижения уровня видимости в оптическом и радиодиапазонах</p> <p>Разработка магнитных наноструктур, в том числе молекулярных и магнитных наноматериалов</p> <p>Разработка магнитно-активируемых, магнитоуправляемых материалов и магнитореологических жидкостей</p>
Каталитические материалы		<p>Разработка катализаторов для процессов переработки углеводородного сырья и повышения качества производимых моторных топлив</p> <p>Разработка наноструктурированных и наноразмерных катализаторов для нефтехимических процессов, включая переработку тяжелых нефтяных остатков и высоковязкой нефти</p> <p>Разработка каталитических процессов конверсии природного и попутных газов нефтедобычи в жидкое топливо, водород и ценные органические продукты</p> <p>Разработка каталитических методов переработки возобновляемого сырья (биогаза и биомассы) в ценные органические продукты</p> <p>Разработка принципов проведения каталитических процессов для переработки органического сырья</p>
Материалы с особыми оптическими свойствами		<p>Разработка материалов для органических светодиодов, гибких солнечных батарей, дисплеев и световых накопителей</p> <p>Разработка люминесцентных материалов, активированных ионами редкоземельных и переходных металлов</p> <p>Разработка светоизлучающих наноструктур, в том числе квантовых, для лазеров и люминесцирующих устройств</p> <p>Разработка наноструктурированных оптических волокон и световодов, в том числе брэгговских решеток, фотонных структур</p> <p>Разработка наноструктурированных жидкокристаллических материалов</p> <p>Разработка покрытий, изменяющих светопоглощение, электропроводность под внешним воздействием</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Мембранные материалы		<p>Разработка мембранных материалов, мембранных реакторов и процессов мембранного катализа для производства ценных химических продуктов</p> <p>Разработка наноструктурированных мембран с улучшенными транспортными свойствами и устройств на их основе для очистки и разделения газовых и жидких сред</p> <p>Разработка наноматериалов на основе гибридных мембран и биметаллических катализаторов для топливных элементов</p>

4.3.2. Гибридные материалы, конвергентные технологии, биомиметические материалы и материалы медицинского назначения

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- костные импланты на основе биорезорбируемых нанокерамик и биокompозитов, поставляющие материал для достраивания живых тканей организма, заполнения костных дефектов и др.;
- создаваемые с использованием биосовместимых нанокомпозитов на основе нанопористых соединений средства направленной доставки лекарств и воздействия на онкологические новообразования;
- нанокомпозиты на основе плазмидных ДНК и интерферирующих РНК для направленной доставки генетического материала;
- устройства для прямого считывания последовательности нуклеотидов, изготовленные с использованием наноструктурированной поверхности.

Табл. 4.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Гибридные материалы, конвергентные технологии, биомиметические материалы и материалы медицинского назначения»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Гибридные материалы и конвергентные технологии		<p>Разработка принципов, методов и технологий создания гибридных материалов, структур, устройств и систем, гибридной компонентной базы (биочипов, детекторов, актюаторов), гибридной сенсорики (микрофлюидики, нанохемосенсоров, биоподобных бионических сенсоров, сенсорных платформ)</p> <p>Разработка принципов, методов и технологий создания синтетических (искусственных) биологических и биоподобных структур, устройств и систем (белков, белковых комплексов, искусственной клетки, «лечащего» вируса)</p> <p>Создание нейробиоинтерфейсов, биоподобных и антропоморфных технических устройств и систем, в том числе робототехнических</p> <p>Разработка новых методов синхротронно-нейтронной диагностики неорганических, органических, гибридных и биоподобных материалов и структур</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Биомиметические материалы и материалы медицинского назначения		<p>Разработка материалов для устройств и технологий стимуляции центральной нервной системы</p> <p>Разработка материалов с особыми функциональными свойствами для систем инвазивной и неинвазивной диагностики</p> <p>Разработка биокompозитов и покрытий на основе полимеров, наноструктурированных углеродных, керамических, металлических и полимерных материалов, биоактивных стекол</p> <p>Разработка биорезорбируемых материалов для костных и зубных имплантов</p> <p>Разработка имплантируемых биodeградируемых и трансдермальных систем с контролируемым высвобождением лекарственных веществ</p> <p>Разработка материалов для нанокапсулирования и адресной доставки лекарств, активных веществ и генетического материала</p> <p>Разработка систем с высокой адгезией к различным субстратам, в том числе биологическим, для использования в качестве защитных покрытий, упаковок, повязок на раны и ожоги, систем доставки лекарственных веществ и др.</p>

4.3.3. Компьютерное моделирование материалов и процессов

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые концепции и программы предсказательного многомасштабного моделирования материалов и процессов (включая проверку расчетов на массиве экспериментальных данных);
- новые методы многопараметрического расчета сложных систем, обладающих биологическими свойствами и созданных на основе биохимически активных материалов, интеллектуальные материалы для «умных» конструкций и др.

Табл. 4.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Компьютерное моделирование материалов и процессов»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Компьютерное моделирование материалов и процессов		<p>Моделирование структуры и свойств материалов как функции их состава и организации с выходом на функциональные и конструкционные свойства материалов</p> <p>Моделирование процессов роста, агрегации, самосборки и самоорганизации наноматериалов и супрамолекулярных систем</p> <p>Моделирование процессов химического осаждения тонких пленок и покрытий из газовой и жидкой фаз</p> <p>Моделирование процессов переноса в нанопористых материалах и мембранах</p> <p>Моделирование процессов переноса заряда и энергии в наноструктурированных материалах, в том числе многослойных</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Моделирование рецепторных систем, молекул и препаратов, обладающих биологической активностью</p> <p>Моделирование новых комплексных систем с использованием самоорганизующихся соединений и наноструктур в целях создания интеллектуальных материалов для «умных» конструкций</p> <p>Моделирование новых материалов искусственного и синтетического происхождения, воспроизводящих отдельные функции биологических объектов</p> <p>Моделирование нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий</p>

4.3.4. Диагностика материалов

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные диагностические системы;
- конкурентоспособные технологии, обеспечивающие высокую информативность и достоверность результатов, полученных в ходе исследования внутренней структуры объектов;
- новые концепции контроля состояния сложных систем в ходе физических и химических процессов;
- новые системы визуализации поверхности материалов с атомным разрешением.

Табл. 4.6. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Диагностика материалов»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Диагностика материалов		<p>Разработка применяемых для диагностики материалов перспективных технологий, основанных на принципах взаимодействия физических полей и обеспечивающих высокую информативность и достоверность результатов исследования объектов</p> <p>Разработка неразрушающих методов исследования материалов и процессов в режимах <i>in situ</i> и <i>operando</i> (синтез, включая процессы самосборки; модификация и перестройка наночастиц; деградация; химические процессы, протекающие с участием наночастиц, и др.)</p> <p>Разработка методов визуализации нанообъектов (атомно-силовая, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия)</p> <p>Разработка методов исследования поверхности наночастиц и наноматериалов (дифракция быстрых и медленных электронов, рентгеновская фотоэлектронная, оже-спектроскопия)</p> <p>Разработка специальных методов локального определения химического состава материалов, включая наноматериалы</p>



5 РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

5.1. Вызовы и окна возможностей

Окружающая среда в эпоху глобализации и бурного научно-технологического развития становится все более уязвимой. Дальнейшее следование сложившемуся инерционному сценарию в отношении природопользования неприемлемо и влечет за собой значительные риски, грозящие человеческими потерями и ограничениями для экономического роста. Достаточно упомянуть, что большая часть глобальных вызовов, с которыми человечество столкнется в ближайшее время, связана с окружающей средой и нерациональным использованием природных богатств. Это в первую очередь истощение ряда критически важных запасов, изменение климата, рост техногенной нагрузки и загрязнение природных сред, дефицит качественных водных ресурсов, потеря биоразнообразия и др. Однако если международное сообщество уже осознало важность перехода к экологически ориентированному развитию («зеленому росту»), то в нашей стране данная тематика традиционно рассматривалась «по остаточному принципу».

Для России необходимость создания научно-технологических заделов в сфере рационального природопользования диктуется не только возможностями получения значимых долей на указанных перспективных рынках, но и угрозой потери существующих позиций в традиционных сегментах вследствие постоянного ужесточения международных экологических стандартов качества продукции и используемых для ее производства технологий. Решение этой многофакторной задачи требует развития компетенций отечественных разработчиков по всем выделенным направлениям прикладных исследований.

На рис. 5.1 представлены вызовы и окна возможностей, которые определяют перспективы развития приоритетного направления «Рациональное природопользование».

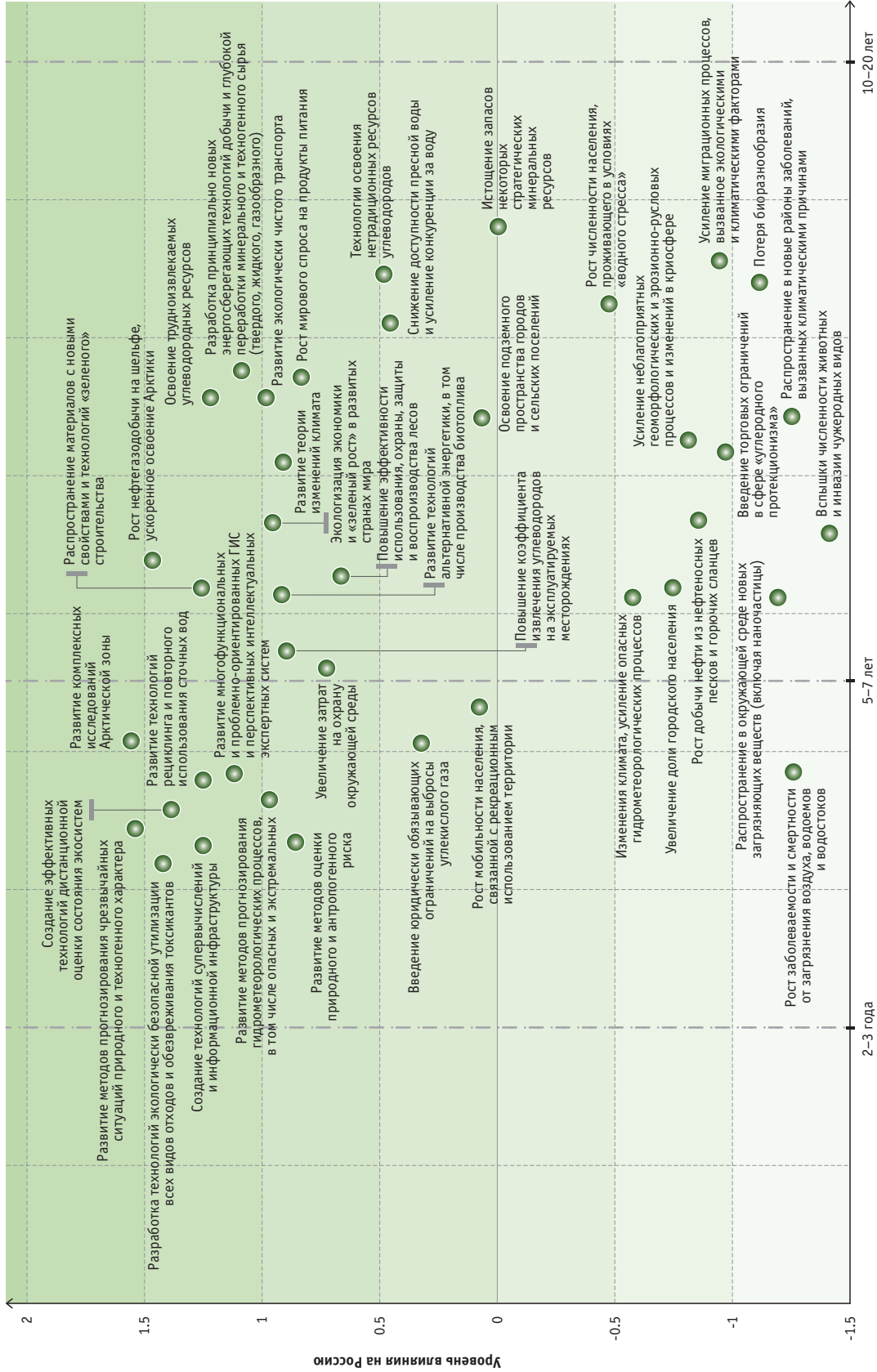
Рост заболеваемости и смертности от загрязнения воздуха – один из ключевых глобальных вызовов современности. Более миллиарда городских жителей Земли подвержены воздействию опасно загрязненного воздуха, приводящему к непоправимому ущербу для здоровья. Сокращение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух может быть обеспечено путем развития рынков экологически безопасных технологий и продуктов для эффективной фильтрации и детоксикации воздушной среды, новых химических материалов, катализаторов и поглотителей для систем газоочистки.

Аналогичная проблема связана с загрязнением водоемов и водостоков: качество питьевой воды, потребляемой значительной частью населения, не соответствует гигиеническим нормативам. Ситуация в этой сфере усугубляется недостаточным уровнем развития инфраструктуры, обуславливающим ограниченный доступ населения к централизованным системам водоснабжения.

В долгосрочной перспективе серьезной угрозой может стать *распространение в новые районы заболеваний* (инфекционных и паразитарных, передающихся через воздух, воду, почву, продукты питания), *вызванных климатическими причинами*. Для ее предотвращения необходимо развивать рынок экологических услуг, прежде всего такую его составляющую, как система медико-биологического мониторинга. Выявление регионов, находящихся в зоне риска возникновения новых заболеваний, возможно на основе моделирования изменений



Рис. 5.1.1. Рациональное природопользование: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



границ ареалов болезней по данным полевого учета переносчиков (необходима разработка новых и совершенствование существующих экспресс-методов) и лабораторного определения уровня их зараженности.

К возможностям, определяющим перспективы развития данного направления, относятся *повышение эффективности использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов*, стабильное удовлетворение общественных потребностей в ресурсах и полезных свойствах леса без ущерба для его ресурсно-экологического потенциала. Среди основных задач – создание условий для рационального и интенсивного использования лесов при гарантированном сохранении их экологических функций и биологического разнообразия.

Распространение новых загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы, приводит к ухудшению состояния атмосферы, водоемов и экосистем. Новые наноразмерные вещества обладают большей площадью распространения, это затрудняет их мониторинг и определение области загрязнения. Наночастицы в окружающей среде подвергаются трансформации, деградаци и биоаккумуляции; последнее обстоятельство может оказывать специфическое воздействие на организм человека. Таким образом, первоочередными задачами становятся развитие технологий улавливания загрязняющих веществ в сбросах и выбросах, создание барьеров и фильтров, позволяющих предотвратить попадание микро- и наночастиц в окружающую среду. В связи с этим предстоит продолжать работы в области микропористых соединений, способных «поглощать» частицы размером меньше нескольких микрометров. Для проведения мониторинговых исследований прежде всего требуется повысить чувствительность приборно-аналитической базы.

Потеря биоразнообразия, наблюдаемая сегодня в глобальном масштабе по всем основным компонентам – генам, видам и экосистемам, – неизбежно повлияет на уровень обеспечения населения пресной водой, продовольствием, лекарственными препаратами, а также на состояние окружающей среды и степень защиты от природных катастроф. Требуется серьезные меры по сокращению использования веществ, нарушающих биоразнообразие (в частности пестицидов и гербицидов).

Развитие технологий экологически безопасной утилизации отходов и обезвреживания токсикантов рассматривается в качестве одного из ключевых окон возможностей для решения глобальных экологических проблем. Приоритетная роль в этой сфере отводится исследованиям и разработкам в области обезвреживания токсичных веществ в газовых средах, экономически эффективным и экологически безопасным технологиям рекультивации, санации и восстановления земель. Высокие темпы роста прогнозируются для рынка переработки отходов в целях их вторичного использования. Наиболее востребованными окажутся технологии снижения ресурсоемкости производства, комплексного использования сырья, предотвращения негативного воздействия загрязнителей на окружающую среду.

Рост нефтегазодобычи на шельфе и ускоренное освоение Арктики позволят увеличить доступную ресурсно-сырьевую базу, будут стимулировать развитие водного транспорта в регионе. Масштабная эксплуатация месторождений полезных ископаемых в арктической зоне подразумевает внедрение эффективных экологически безопасных технологий, разработка которых сопряжена с мобилизацией значительных финансовых ресурсов. Кроме того, существует ряд неурегулированных вопросов по национальным границам шельфа. По мере появления технологических перспектив добычи углеводородов возникнут риски усиления геополитической конкуренции в «спорных» регионах. Необходима также комплексная проработка механизмов возмещения ущерба от возможных аварий, который, по оценкам ряда экспертов, на настоящий момент не сможет покрыть ни одна страховая компания. Серьезные риски связаны с изменениями климата, способными вызвать разрушение инфраструктуры добывающей промышленности в Арктике, что с большой вероятностью повлечет за собой экологическую катастрофу. Наконец, активное освоение Арктики существенно повлияет на положение малых коренных народов.



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

- неблагоприятное состояние окружающей среды (загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов, почв, деградация биотических компонентов и экосистем);
- рост объемов отходов производства и потребления, накопленного экологического ущерба;
- нарастание негативного воздействия изменений климата, в том числе опасных гидрометеорологических явлений (наводнений, паводков, снежных лавин и селей, ураганов, шквалов и др.);
- недостаточная эффективность мониторинга последствий природных и техногенных катастроф;
- отсутствие рынка экологических услуг;
- истощение дешевых запасов качественных углеводородов, а также ряда других стратегически важных природных ресурсов (фосфоритов, редкоземельных металлов и др.); низкий уровень извлечения сырья при разработке месторождений углеводородов;
- значительная доля устаревших, экологически «грязных» производств низкого уровня передела;
- низкая культура экологического поведения;
- недостаточные объемы и низкая эффективность геологоразведочных работ.

5.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Глобальные тренды в сфере рационального природопользования могут кардинально трансформировать существующие рынки как за счет смены основных игроков (рост рынков вторичного сырья и готовой продукции на основе переработки отходов и стоков, природоохранного оборудования, ресурсосберегающих технологий и др.), так и путем изменения потребительских предпочтений (расширение производства экологически чистых материалов и продуктов, «зеленого» строительства и т.д.).

Развитие сферы рационального природопользования по ряду причин имеет для России стратегическое значение. Во-первых, в ближайшее время прогнозируется модернизационный скачок на наиболее привлекательных для нашей страны рынках, в результате которого, как было сказано выше, резко возрастут риски утраты конкурентных позиций в традиционных сегментах в силу неуклонного ужесточения экологических стандартов. Во-вторых, ухудшение состояния окружающей среды, неизбежное при отсутствии экологически эффективных технологий, приведет не только к снижению качества жизни населения, но и к потере инвестиционной привлекательности ряда регионов, что негативно скажется на динамике их экономического развития. В-третьих, ориентация на «зеленый рост» означает переход от «коричневой» топливно-сырьевой к инновационной модели экономического развития, подразумевающей внедрение экоинноваций и создание экологической индустрии как самостоятельного сектора экономики. Таким образом, формирование рынков рационального природопользования может рассматриваться как один из решающих вызовов, стоящих перед российской экономикой.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Рациональное природопользование»:

- услуги мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, в том числе раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера:
 - системы экологического мониторинга, включая автоматизированные системы контроля окружающей среды;
 - системы гидрометеорологических наблюдений и прогнозов и услуги в области гидрометеорологии;



- кадастры территорий и акваторий;
- разработка геоинформационных систем;
- услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения;
- методики мониторинга и управления качеством окружающей среды;
- работы по моделированию климата и опасных гидрометеорологических процессов;
- услуги по информационно-аналитическому обеспечению охраны окружающей среды и экологической безопасности, включая подготовку баз данных о состоянии окружающей среды;
- *эффективное и рациональное воспроизводство и развитие минерально-сырьевой базы:*
 - геологоразведка в экстремальных условиях, оборудование и материалы для проведения геологоразведочных работ;
 - оборудование и материалы для повышения коэффициента извлечения полезных ископаемых из действующих месторождений;
 - оборудование и материалы для повышения эффективности переработки полезных ископаемых, создания безотходных производств;
- *предотвращение и ликвидация загрязнений окружающей среды, а также чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера:*
 - работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, соответствующее оборудование и инфраструктура;
 - услуги по газоочистке и детоксикации воздушной среды;
 - услуги и инженерные системы водоочистки и повторного использования воды;
 - оборудование для утилизации, переработки и захоронения отходов, вторичное сырье и готовая продукция на основе переработки отходов и стоков;
 - услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель, оборудование для рекультивации природных сред;
 - экологически чистые материалы и продукты;
 - услуги в области экологически безопасного обращения с отходами;
 - интеллектуальные экологические услуги (консалтинг, аудит, сертификация и пр.).

Полученные экспертные оценки свидетельствуют о том, что в период 2015–2020 гг. наиболее активно будут развиваться такие рынки, как системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; экологически чистые материалы и продукты; геоинформационные системы; оборудование и материалы для повышения эффективности добычи полезных ископаемых и их переработки.

В период 2020–2030 гг. ожидаются максимальные темпы роста рынков оборудования для повышения эффективности переработки и добычи полезных ископаемых; экологически чистых материалов и продуктов; услуг по водоочистке и рециклингу воды и производства соответствующего оборудования; экологически безопасного и экономически эффективного обращения с отходами.

В рамках исследования были определены инновационные продукты и услуги, которые могут появиться на рынке в прогнозный период (табл. 5.1). Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отображены на рис. 5.2.

Возрастет роль *долгосрочных прогнозов погоды большой заблаговременности с уровнем оправдываемости, превышающим климатические прогнозы*, в экологическом прогнозировании (в частности, опасных природных явлений) и экономическом планировании (климатически обусловленные природные ресурсы и экономические риски, динамика климатически зависимых отраслей экономики и др.). Их распространение будет способствовать обеспечению устойчивого развития и безопасности страны.



Табл. 5.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Рациональное природопользование»

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Системы экологического мониторинга, включая автоматизированные системы контроля окружающей среды	<p>Оборудование для анализа и контроля микро- и наночастиц в воде, земле и воздухе</p> <p>Системы контроля состояния атмосферы, гидросферы, криосферы, ландшафтов, почв, биоты, включая контроль эмиссий промышленных предприятий и мониторинг состояния климата</p> <p>Системы дистанционного мониторинга с использованием космических спутниковых систем</p>	<p>Повышение эффективности и оперативности дистанционного мониторинга</p> <p>Повышение эффективности контроля за состоянием техногенно нарушенных территорий</p> <p>Повышение эффективности предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду</p> <p>Повышение эффективности государственного экологического надзора на федеральном и региональном уровнях</p> <p>Повышение уровня достоверности получаемой информации</p> <p>Увеличение масштаба мониторинга, создание глобальной системы мониторинга</p>
Системы гидрометеорологических наблюдений и прогнозов	<p>Долгосрочные прогнозы погоды большой заблаговременности с уровнем оправдываемости, превышающим климатические прогнозы</p> <p>Ансамблевые прогнозы погоды и методы их вероятностной интерпретации</p> <p>Прогнозы характеристик состояния и режима поверхностных водных объектов</p>	<p>Повышение эффективности краткосрочного прогнозирования гидрометеорологических явлений</p> <p>Повышение оперативности предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях</p>
Модели климата и опасных природных процессов	<p>Мезомасштабные модели для получения расширенного состава прогнозируемых опасных гидрометеорологических явлений</p> <p>Усовершенствованные гидродинамические прогностические модели высокой временной и пространственной детализации, в том числе совместные (океан – атмосфера – суша – биосфера)</p>	<p>Повышение эффективности долгосрочного прогнозирования климатических изменений</p> <p>Улучшенные возможности адаптации населения и экономики к изменениям климата</p> <p>Сокращение экономических потерь, вызванных природными явлениями</p> <p>Повышение прогностических способностей моделей климатического прогнозирования</p>
Системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	<p>Системы раннего обнаружения условий, способствующих формированию природных и техногенных чрезвычайных ситуаций</p> <p>Системы диагностики состояния природных и техногенных систем</p>	<p>Повышение эффективности контроля загрязнения атмосферы и раннего обнаружения условий, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Оборудование для мониторинга, контроля риска возникновения, а также уменьшения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p> <p>Методы прогнозирования природных и техногенных катастроф и их последствий на основе данных наблюдений и современных представлений о процессах их подготовки и развития</p>	<p>Сокращение экономических потерь от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p> <p>Повышение безопасности производственных, энергетических, жилых и инфраструктурных объектов</p> <p>Повышение прогностических способностей систем раннего обнаружения катастроф</p> <p>Увеличение охвата мониторинга</p>
Кадастры территорий и акваторий	Кадастры территорий и акваторий с наибольшим уровнем природного и техногенного риска	<p>Повышение эффективности управления состоянием территорий и акваторий</p> <p>Повышение точности и детальности кадастровых схем</p>
Геоинформационные системы	<p>Программное обеспечение для супервычислений и систем хранения информации для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем</p> <p>Специализированные пакеты обработки данных дистанционного зондирования Земли</p> <p>Веб-сервисы (геопорталы), работающие в онлайн-режиме</p>	<p>Повышение оправдываемости прогноза погоды и достоверности оценок будущих климатических изменений</p> <p>Накопление данных наблюдений, имеющих высокую точность и пространственное разрешение</p> <p>Сокращение затрат на получение и обработку информации в отраслях, связанных с освоением природных ресурсов, на транспорте, в природоохранной деятельности</p>
Базы данных о состоянии окружающей среды	<p>Библиотеки данных о многолетнем состоянии компонентов природной среды</p> <p>Геоинформационная база данных онлайн о лесных пожарах, наводнениях, утечках опасных веществ и т.п., позволяющая в режиме реального времени оценивать число, масштаб и скорость распространения бедствий</p> <p>Базы данных о природных и техногенных катастрофах, текущих наблюдениях состава атмосферы, сейсмических и геофизических полях</p>	<p>Повышение качества информации для принятия управленческих решений</p> <p>Повышение оперативности и достоверности информации о состоянии окружающей среды</p>
Методики управления рисками чрезвычайных ситуаций	Методики управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях, в том числе в покрытых льдом районах	Сокращение экономических потерь и экологического ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Методики оценки и снижения риска потерь для населения, территорий и объектов инфраструктуры от техногенных катастроф и стихийных бедствий и разработка мер по уменьшению ущерба от них</p> <p>Методы неразрушающего контроля</p>	
Методики управления качеством окружающей среды	<p>Методики оптимизации территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и экологическим потенциалом территории</p> <p>Методики сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (включая особо охраняемые природные территории)</p> <p>Методики оценки состояния и динамики ресурсов водных и наземных экосистем, восстановления ресурсного потенциала территории с высокой антропогенной нагрузкой (почвы, водных и биоресурсов)</p>	<p>Повышение эффективности мероприятий по сохранению биоразнообразия</p> <p>Улучшение среды проживания населения</p>
Услуги в области экологического мониторинга	Услуги в области экологического мониторинга	<p>Повышение эффективности контроля состояния окружающей среды</p> <p>Повышение эффективности предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду</p> <p>Оптимизация принятия решений в системе государственного экологического надзора на федеральном и региональном уровнях</p>
Услуги в области гидрометеорологии	Услуги в области гидрометеорологии	<p>Эффективное краткосрочное прогнозирование гидрометеорологических процессов и явлений</p> <p>Повышение оперативности предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях</p>
Работы по моделированию климата и опасных гидрометеорологических процессов	Работы по моделированию климата и опасных гидрометеорологических процессов	<p>Возможности для адаптации населения и инфраструктуры к изменениям климата</p> <p>Сокращение экономических потерь от опасных гидрометеорологических процессов</p>
Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	Возможности для раннего обнаружения условий, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
		Сокращение экономических потерь от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера Повышение безопасности производственных и энергетических объектов
Услуги по информационно-аналитическому обеспечению охраны окружающей среды и экологической безопасности	Услуги по информационно-аналитическому обеспечению охраны окружающей среды и экологической безопасности	Повышение качества информации для принятия управленческих решений Повышение эффективности мероприятий по сохранению биоразнообразия и поддержанию качества окружающей среды Улучшение качества среды проживания населения
Оборудование и материалы для проведения геологоразведочных работ	Геофизическое и буровое оборудование для: <ul style="list-style-type: none">– разведки и поиска полезных ископаемых в сложных геологических условиях– прогнозных оценок продуктивности нефтеносных пластов– поиска зон возможного рудопроявления	Повышение эффективности разведки полезных ископаемых
Оборудование и материалы для повышения эффективности добычи полезных ископаемых	Системы освоения месторождений, основанные на комбинированных физико-технических и физико-химических технологиях, совместно выполняющих общую производственную программу в едином минерально-ресурсном и технологическом пространстве горных предприятий Системы освоения морских месторождений нефти и газа Оборудование для сверхглубокого (до 15 км) бурения Системы и методы повышения отдачи пластов, включая направленное изменение их коллекторских свойств, в том числе на истощенных месторождениях углеводородов и месторождениях низконапорного газа Системы утилизации попутного нефтяного газа Оборудование по вовлечению в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.	Повышение уровня извлечения полезных ископаемых, в том числе углеводородов Снижение ресурсо- и энергоемкости добычи Повышение экологической безопасности предприятий добывающей промышленности



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Оборудование и материалы для повышения эффективности переработки полезных ископаемых	<p>Системы селективной дезинтеграции</p> <p>Системы предварительной концентрации полезного компонента</p> <p>Системы комплексной и глубокой переработки минерального сырья</p>	<p>Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов их переработки</p>
Поиск и разведка полезных ископаемых	Поиск и разведка полезных ископаемых	<p>Повышение эффективности разведки полезных ископаемых</p> <p>Сокращение экономических издержек при поиске полезных ископаемых</p>
Добыча полезных ископаемых	Добыча полезных ископаемых	<p>Повышение уровня извлечения полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение энергосбережения</p> <p>Повышение экологической безопасности</p>
Обогащение и переработка полезных ископаемых	Обогащение и переработка полезных ископаемых	<p>Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов переработки</p> <p>Сокращение объема отходов добывающей промышленности</p>
Оборудование и инфраструктура для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	<p>Мобильные и стационарные комплексы для очистки территорий, внутренних и морских акваторий от углеводородных (нефтяных) загрязнений</p> <p>Комплексы оперативно-диспетчерского управления и различных средств ведения спасательных работ и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций</p>	Снижение негативных последствий чрезвычайных ситуаций
Системы газоочистки и детоксикации воздушной среды	<p>Специальные материалы, катализаторы, поглотители для систем фильтрации воздуха</p> <p>Оборудование для экономически эффективного и экологически безопасного обезвреживания токсичных веществ в газовых средах</p>	<p>Увеличение объема и повышение качества очистки воздуха</p> <p>Уменьшение выбросов парниковых газов в атмосферу</p>
Системы водоочистки и повторного использования воды	<p>Оборудование для утилизации осадков сточных вод</p> <p>Очистные системы нового поколения (для очистки от новых загрязняющих веществ)</p>	<p>Увеличение объема и повышение качества очистки вод</p> <p>Появление дополнительных источников ресурсов, полученных из сточных вод</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>Сорбенты и реагенты для очистки сточных вод и подготовки питьевой воды</p> <p>Новые ресурсосберегающие экологически чистые вещества и материалы для защиты поверхностных и грунтовых вод от техногенных и антропогенных воздействий</p>	
Оборудование для утилизации, переработки и захоронения отходов	<p>Оборудование для переработки и утилизации различных видов сортированных и несортированных коммунальных отходов (балластной и биоразлагаемой частей) с получением вторичного сырья и готовой продукции</p> <p>Оборудование для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки отходов производства с получением изделий и материалов, а также ценных компонентов (строительных изделий и материалов, смазок и паст, горючих газов, жидких топливных фракций и композиционных материалов, концентратов драгоценных и редких металлов и т.д.)</p> <p>Оборудование для переработки и уничтожения материалов и сырья, содержащих опасные и особо опасные загрязняющие вещества (включая отходы нефтеперерабатывающей отрасли, медицинские и особо токсичные отходы)</p>	<p>Увеличение объема утилизации отходов производства и других побочных продуктов</p> <p>Снижение ресурсоемкости производства за счет переработки отходов</p> <p>Снижение уровня загрязнения окружающей среды</p> <p>Расширение ресурсной базы экономики и создание новых продуктов за счет переработки отходов</p>
Оборудование для рекультивации природных сред	Системы обеспечения экологической безопасности и рекультивации полигонов, объектов обращения с отходами производства и потребления (включая особо токсичные), свалок, хвостохранилищ, территорий и акваторий, в том числе загрязненных нефтью и нефтепродуктами, химическими и радиоактивными веществами	Повышение эффективности возвращения нарушенных земель в хозяйственный оборот
Вторичное сырье и готовая продукция на основе переработки отходов и стоков	<p>Сырье и продукция на основе переработки твердых бытовых отходов</p> <p>Сырье и продукция на основе отходов добычи и переработки полезных ископаемых</p> <p>Удобрения из осадков сточных вод</p> <p>Очищенная вода для промышленных, сельскохозяйственных и других нужд</p>	<p>Снижение ресурсоемкости производства</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду</p>



(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Экологически чистые материалы и продукты	<p>Продукция органического сельского хозяйства</p> <p>Строительные материалы с новыми свойствами, в том числе энергосберегающие</p>	<p>Улучшение здоровья и качества жизни населения, снижение уровня заболеваемости, вызванной использованием синтетических продуктов питания</p> <p>Повышение энергоэффективности зданий и сооружений</p>
Работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, соответствующие оборудование и инфраструктура	Работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, соответствующие оборудование и инфраструктура	<p>Повышение эффективности работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, снижение затрат на них</p> <p>Повышение эффективности ведения спасательных работ</p>
Услуги по газоочистке и детоксикации воздушной среды	Услуги по газоочистке и детоксикации воздушной среды	<p>Увеличение объема и качества очистки воздуха</p> <p>Снижение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу</p> <p>Повышение качества воздуха в городах и промзонах</p>
Услуги по водоочистке и рециклингу воды	Услуги по водоочистке и рециклингу воды	<p>Увеличение объема и качества очистки вод</p> <p>Сокращение водозабора на промышленные и коммунальные нужды</p>
Услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель	Услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель	<p>Обеспечение экологической безопасности полигонов твердых бытовых отходов, свалок, хвостохранилищ и других загрязненных территорий и акваторий</p> <p>Вовлечение в хозяйственный оборот рекультивированных земель</p>
Услуги в области экологически безопасного обращения с отходами	Услуги в области экологически безопасного обращения с отходами	<p>Снижение ресурсоемкости</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду</p>
Интеллектуальные экологические услуги	Экологический консалтинг, аудит, сертификация, страхование, экопросвещение, мероприятия по повышению экологической культуры	<p>Повышение эффективности экологической составляющей деятельности компаний</p> <p>Внедрение рыночных механизмов, способствующих экологизации экономики</p> <p>Формирование экологического мировоззрения</p> <p>Повышение качества «зеленого» роста</p>



Рис. 5.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Рациональное природопользование»



Внедрение систем дистанционного мониторинга при помощи космических спутниковых систем обеспечит получение качественно новой информации о состоянии территорий, наземных объектов, природных и антропогенных процессах. Эти данные служат первичным источником для создания актуальных тематических карт. Кроме того, перспективные технологии дистанционного зондирования и компьютерной обработки данных многократно превосходят возможности традиционной картографии как по содержанию, так и по разнообразию методов представления данных.

Мезомасштабная модель для получения расширенного состава прогнозируемых опасных гидрометеорологических явлений представляет собой программный комплекс, включа-



ющий собственно мезомасштабную атмосферную модель; блок подготовки начальных данных, граничных условий и свойств поверхности (препроцессинг); блок постпроцессинга, осуществляющий обработку выходных данных моделирования, дополнительные расчеты и визуализацию. Подобные модели, реализованные для ограниченных территорий, уже служат важнейшим средством детализированного прогнозирования метеорологических полей различных параметров (температуры, влажности, давления, осадков, ветра), а пространственное разрешение вычислительных сеток для оперативных прогнозов погоды не превышает 2 км². Совершенствование этих моделей повысит точность и масштабы разрабатываемых прогнозов опасных явлений, как «чисто атмосферных» (штормовые скорости ветра, сверхбольшие осадки и др.), так и комплексных гидрометеорологических (штормовые нагоны, наводнения, волнения на море, лавины и др.).

Системы диагностики состояния природных и опасных техногенных систем принципиально важны для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций. Эти системы включают не только приборную базу, но и средства обработки и визуализации результатов. Их применение обеспечит сокращение времени диагностики и увеличение ее точности, что в значительной степени снизит возможный ущерб и повысит безопасность техносферы. Развитие систем диагностики состояния природных и опасных техногенных систем на основе инновационного оборудования приведет к созданию новых рынков в области приборостроения и программного обеспечения.

В последние два десятилетия *методы прогнозирования природных и техногенных катастроф и их последствий* активно развиваются на основе технологий геоинформационных систем (ГИС-технологий), которые, в частности, позволяют проводить оперативный сбор данных, анализировать признаки готовящихся землетрясений и оценивать возможные угрозы их проявления в пространственно-временном масштабе. Перспективные методики, разрабатываемые для сейсмоопасных регионов, будут основаны на обнаружении изменений закономерностей в структуре солнечно-земных связей (облачных сейсмотектонических индикаторов). Для мониторинга и прогноза землетрясений необходимы данные космической съемки, в том числе снимки с периодичностью не реже 15–30 минут с охватом больших территорий и высоким пространственным разрешением.

Геопорталы – набор веб-сервисов (загрузки, визуализации, редактирования, трансформации, анализа и т.п.), реализуемых на базе свободного доступа к географической (геопространственной) информации, – позволяют повысить эффективность и многократно сократить время оказания государственных услуг. Кроме того, они решают проблему инвестиционной открытости и прозрачности. Важное свойство геопорталов – саморазвитие сервисов. Так, региональные геопорталы смогут реализовать функцию мониторинга передвижения государственного и муниципального транспорта (снегоуборочной техники, автомобилей «скорой помощи» и др.). Это приведет к накоплению данных о средних скоростях движения по городским автомагистралям и облегчит поиск средств оптимизации использования дорожной сети.

Кадастры, разрабатываемые на базе геоинформационных систем, представляют собой систему количественных и качественных сведений о состоянии природных ресурсов, их экономическом и социальном значении, а также о составе и категориях пользователей. Все кадастры содержат в явном и неявном виде пространственные данные, однако при существующем порядке накопления и хранения информации их «пространственность» никак не задействована в процедурах оказания услуг, связанных с извлечением и сравнением информации, хранящейся в нескольких кадастрах. Формирование кадастров на базе интегрированных ГИС-платформ сократит время оказания сервисных услуг до нескольких минут (на сегодняшний день в российских ведомствах оно может исчисляться днями и неделями). При их разработке возможно предусмотреть функцию интеграции в другие ГИС-платформы и базы данных. Кроме того, ведение таких кадастров открывает широкие аналитические возможности и становится значимым фактором развития государственных и муниципальных сервисов на принципиально новом уровне.



Методики оптимизации территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом территории предполагают реальное встраивание ландшафтной составляющей в процедуру территориального планирования. Они будут включать ГИС-алгоритмизацию ландшафтного картографирования, разработку общепринятых классификаторов для различных масштабных уровней, содержательное ГИС-моделирование основных стадий ландшафтного планирования: инженерно-геоэкологической оценки территории, анализа емкости (уязвимости, резистентности) ландшафтов, расчета системы экосервисных услуг, компоновки экологического каркаса и проектирования региональных туристско-рекреационных систем.

Создание *оборудования по вовлечению в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья* обеспечит условия для промышленного освоения новых источников углеводородов. Применение этих технологий предопределяет многократное увеличение объема извлекаемых запасов, расширение географии добычи, трансформацию рынка углеводородного сырья с повышением доли ресурсов, альтернативных традиционной нефти и природному газу (газогидратов, сланцевого газа, тяжелой нефти и битуминозных песков, шахтного метана, метана высокогазоносных угольных пластов и др.).

Чрезвычайно важную роль играют *системы и методы увеличения коэффициента извлечения нефти, включая направленное изменение коллекторских свойств пластов*, в том числе на истощенных месторождениях углеводородов и месторождениях низконапорного газа. Это совокупность технологических решений, приборов и комплексов для химического и физического воздействия на углеводородсодержащие коллекторы в целом и на их отдельные компоненты (углеводороды породы, сами углеводороды, воду и т.д.), способствующих увеличению нефтеотдачи. Новые технологии помогут не только повысить эффективность добычи углеводородов на эксплуатируемых месторождениях, но и вовлечь в разработку трудноизвлекаемые запасы, в том числе источники, считающиеся в настоящее время отработанными. В долгосрочной перспективе это заметно продлит срок эксплуатации уже известных залежей и на десятилетия отодвинет момент исчерпания промышленных запасов традиционного углеводородного сырья. Некоторые технологические решения будут направлены также на утилизацию промышленных выбросов углекислого газа.

Внедрение *систем комплексной и глубокой переработки минерального сырья* для разделения полезных ископаемых на конечные продукты с извлечением максимального количества полезных компонентов обеспечит значительное повышение эффективности переработки полезных ископаемых и сокращение объема отходов производства. Станет возможной разработка новых доступных альтернативных источников минерального сырья, что, в свою очередь, приведет к его удешевлению, изменению географии стран – экспортеров и импортеров, росту конкуренции на рынке. Ожидается снижение капитальных затрат и потребления воды на 15–20%, расхода реагентов и энергии на переработку минерального сырья на 30–50%; производительность перерабатывающих и обогатительных комплексов повысится на 10–40%, существенно увеличится уровень извлечения полезного компонента.

Применение *оборудования для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки отходов производства с получением изделий и материалов, а также ценных компонентов* даст возможность вовлечь в комплексное использование неактивные запасы минерального сырья, бедные руды, отходы металлургии, сократить объем потерь металлов в отвалах забалансовых руд и лежалых отходах перерабатывающих предприятий. Помимо этого, внедрение новых разработок будет способствовать снижению уровня загрязнения окружающей среды, в том числе минимизации площадей под складирование и захоронение отходов на территориях промышленных предприятий, что может исключить риск попадания высокотоксичных соединений в грунты, сточные воды и атмосферу.

Системы предварительной концентрации полезного компонента направлены на обогащение минерального сырья различными методами (гравитационными, магнитными, электрическими, флотационными, бактериальными, химическими, импульсными, радиационными



и радиационно-термическими, методами кучного и подземного выщелачивания и др.). В частности, одна из технологических задач – обогащение материала, содержащегося в техногенных отвалах и хвостохранилищах, до промышленных концентраций полезного компонента. Дальнейшее развитие этих технологий создаст условия для увеличения промышленных запасов минерального сырья за счет введения в эксплуатацию месторождений с бедными рудами. Более широкое использование сплошной выемки полезных ископаемых обусловит общее снижение стоимости добываемой руды. Возрастет эффективность работы металлургических и химических предприятий, использующих обогащенное сырье, и уровень извлечения полезного компонента по отдельным видам полезных ископаемых, уменьшатся объемы образующихся отходов и потери сырья.

Очистные системы нового поколения основаны на нанотехнологиях в мембранных методах водоочистки. Доступность технологии приведет в долгосрочной перспективе к решению проблемы нехватки питьевой воды в ряде регионов мира, повышению эффективности применения замкнутого цикла воды в промышленности с перспективой оптимизации размеров и увеличения мобильности существующих очистных комплексов.

Внедрение *оборудования для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки и утилизации коммунальных отходов с получением вторичного сырья и готовой продукции* резко сократит использование полигонов для захоронения твердых бытовых отходов, что приведет, с одной стороны, к снижению выбросов парниковых газов в глобальном масштабе, с другой – к замещению части традиционного топлива. Рынок переработки и утилизации отходов будет активно развиваться, соответственно, ожидается и рост рынка стройматериалов из вторичного сырья.

Для рассмотренных радикальных продуктов были определены ведущие отечественные и зарубежные организации, осуществляющие научные исследования и разработки в данном направлении. В основном это научно-исследовательские и производственные центры из США, стран ЕС, Японии, Китая и Канады. В области разработки систем дистанционного мониторинга окружающей среды при помощи космических спутниковых систем лидирующую роль играют национальные космические агентства. Общая тенденция развития суперкомпьютерного моделирования глобальной циркуляции атмосферы и океана и мезомасштабных моделей заключается в постепенном сокращении количества организаций, занимающихся данной проблематикой, и концентрации исследований в крупнейших центрах (в некоторых случаях исследования выполняются в рамках международных консорциумов). Разработкой систем диагностики природных и техногенных систем занимается целый ряд организаций, причем, как правило, они активно кооперируются: одни научные центры разрабатывают приборную базу, другие – программное обеспечение, третьи создают на этой основе автоматизированные системы диагностики. Исследования по увеличению эффективности добычи углеводородов ведутся в университетских научных центрах практически всех нефтегазодобывающих стран, а также в научно-исследовательских подразделениях крупных добывающих компаний.

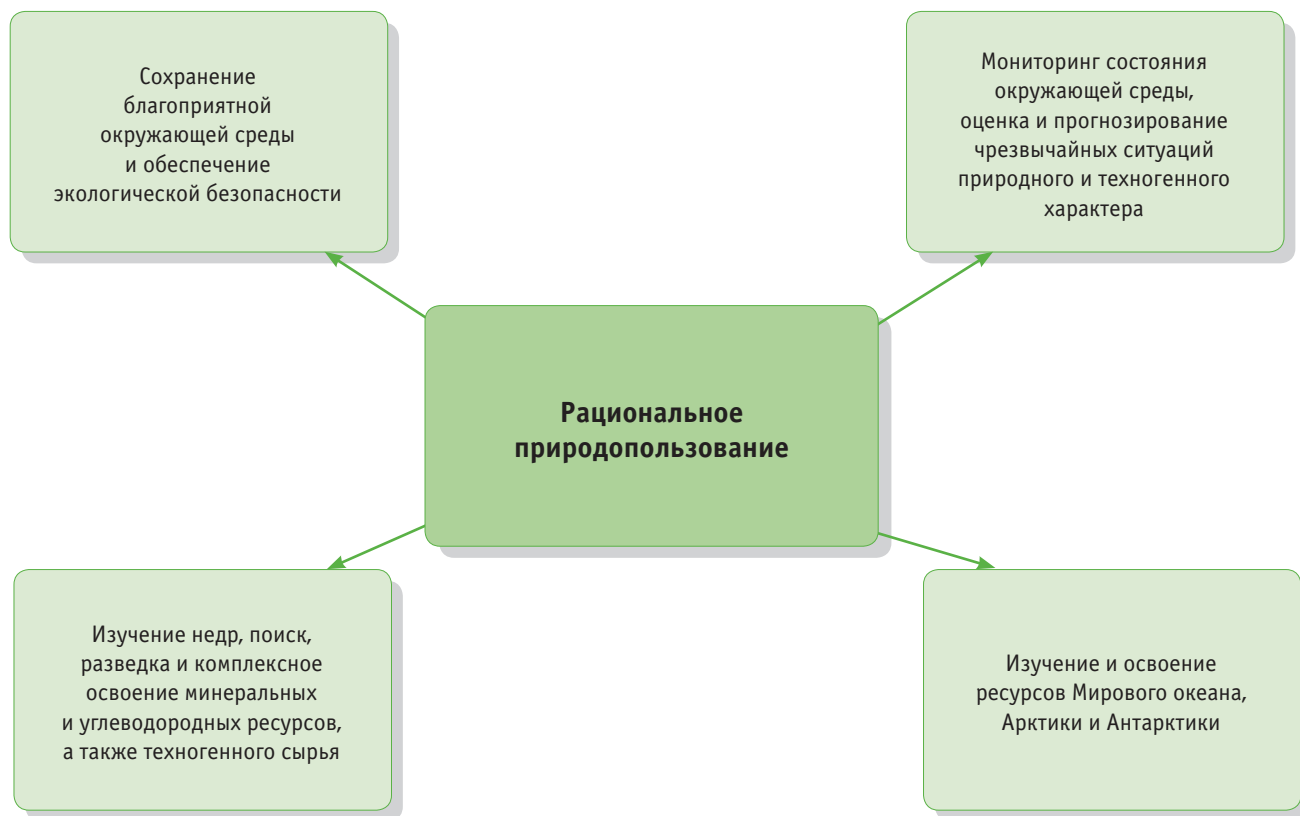
5.3. Перспективные направления научных исследований

Определяющую роль в развитии инновационных технологий и продуктов играет уровень научных исследований и разработок. Для направления «Рациональное природопользование» были выделены четыре перспективные тематические области прикладных исследований (рис. 5.3).

Наиболее значимые научные результаты, которые могут быть достигнуты в период до 2030 г., охватывают: создание систем мониторинга, оценки и прогнозирования состояния



Рис. 5.3. Тематические области приоритетного направления «Рациональное природопользование»



окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; перспективные технологии поиска и разведки минеральных ресурсов; высокоэффективные безопасные методы морской разведки и добычи углеводородов в экстремальных природно-климатических условиях. Их разработка и внедрение приведут к более рациональному использованию минерально-сырьевой базы страны и повышению эффективности ее воспроизводства, снижению уровня загрязнения окружающей среды, минимизации ущерба от природных и техногенных катастроф.

В среднесрочный период будут активно проводиться исследования и разработки в области экологически чистых материалов и продуктов; программного обеспечения и геоинформационных систем; оборудования и материалов для повышения эффективности добычи и переработки полезных ископаемых; раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

5.3.1. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности

Ожидаемые результаты задельных исследований:

- снижение уровня негативного воздействия хозяйственной деятельности (образования отходов производства и потребления, выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов в водные объекты) на природную среду и здоровье населения;
- разработка и применение экологически эффективных технологий мирового уровня в основных отраслях экономики.



Табл. 5.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Изучение изменений климата и экстремальных климатических событий с использованием перспективных подходов к анализу климатообразующих факторов</p>		<p>Исследование механизмов возникновения и развития опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов в атмосфере и гидросфере, включая внетропические циклоны, экстремальные осадки, наводнения и засухи, штормовую активность</p> <p>Изучение динамики циркуляционных систем атмосферы, включая основные климатические моды, внетропические и тропические циклоны, и их роли в формировании аномалий атмосферной циркуляции</p> <p>Формирование массивов данных о современных и прогнозируемых изменениях климата на основе высокоточных наблюдений и модельных экспериментов</p>
<p>Реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников, а также прогноз ее изменений</p>		<p>Формирование библиотек данных о ретроспективном и современном состояниях криосферы, в том числе о многолетнемерзлых грунтах и ледниках, последствиях глобальных изменений криосферы Земли для климата, природы и общества</p> <p>Оценка динамики современных процессов изменения криосферы в полярных регионах</p>
<p>Формирование прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы</p>		<p>Формирование библиотек данных о миграции элементов, полученных посредством внедрения перспективных технологий исследования геохимии ландшафтов</p> <p>Создание систем количественной оценки влияния новых видов загрязнений на процессы очистки сточных вод</p>
<p>Оценка изменений экологического состояния ландшафта и его компонентов, эрозионно-русловых процессов, биогеохимических потоков, биопродуктивности и биоразнообразия, а также водных объектов и их систем</p>		<p>Разработка методов оценки состояния ландшафта и его компонентов для целей оптимизации территориального планирования</p> <p>Формирование библиотек данных об эколого-географических закономерностях образования биоразнообразия, моделях его эволюции и средообразующих функциях, инвазиях чужеродных видов</p> <p>Формирование библиотек данных о закономерностях эволюции геосистем в условиях изменений климата современной эпохи и ее палеогеографических аналогов</p> <p>Разработка методов снижения антропогенной нагрузки на водные объекты – источники водоснабжения</p>
<p>Оценка и прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения в условиях изменяющегося климата и окружающей среды</p>		<p>Оценка изменения состояния здоровья населения</p> <p>Разработка способов адаптации населения к изменяющемуся климату и трансформации окружающей среды</p> <p>Разработка методов оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и медико-экологическую обстановку</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Разработка систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения		<p>Разработка лабораторных технологий экологически безопасной утилизации отходов, а также ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих соблюдение нормативов качества окружающей среды при переработке отходов</p> <p>Создание и использование многофункциональных и проблемно-ориентированных геоинформационных систем и перспективных интеллектуальных экспертных систем обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности</p>
Оптимизация схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом		<p>Разработка методов оценки экологической емкости природной среды и определения критических антропогенных нагрузок на ландшафт и его компоненты</p> <p>Разработка методов и технологии проведения регионального мониторинга территорий на основе современных дистанционных и геоинформационных технологий</p> <p>Оценка общественно необходимых затрат на обеспечение рационального природопользования в территориальных природно-хозяйственных системах</p>

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

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, изменений климата, необходимые для последующего внедрения современных технологий снижения уровня негативного воздействия на экономику и здоровье населения.

Табл. 5.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Оценка состояния и динамики ресурсов водных и наземных экосистем, восстановления ресурсного потенциала территорий с высокой антропогенной нагрузкой (почвы, водных и биоресурсов)		<p>Разработка сценариев затопления прибрежных территорий Российской Федерации в результате экстремальных подъемов уровня воды, прогнозирование воздействия наводнений на земельные, водные и биологические ресурсы</p> <p>Разработка новых эффективных подходов к моделированию опасных геоморфологических процессов на основе представлений о системной организованности морфогенеза</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Экологический мониторинг и прогнозирование состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях береговых зон, акваторий и подземных вод</p>		<p>Создание систем альтернативного питьевого и промышленного водоснабжения</p> <p>Разработка методов оценки и обеспечения экологической безопасности освоения подземного пространства городов и сельских поселений</p>
<p>Технологии инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосферу, водные объекты, почву</p>		<p>Разработка высокоэффективных технологий детоксикации воздушной и водной сред</p>
<p>Технологии получения, передачи и использования информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях с использованием наземных, воздушных, космических и других средств</p>		<p>Создание систем мониторинга состояния криосферы, включая модели дистанционного мониторинга ледников</p> <p>Создание систем наблюдений за магнитным полем Земли</p> <p>Космический мониторинг гидрологического состояния и режима рек</p> <p>Формирование библиотеки ретроспективных и текущих данных прямых и спутниковых наблюдений за состоянием окружающей среды и ее компонентов</p> <p>Создание систем мониторинга и прогнозирования движений и деформаций земной коры, вулканической и сейсмической активности</p>
<p>Технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p>		<p>Формирование исследовательских моделей механизмов возникновения и развития опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов в атмосфере и гидросфере</p> <p>Создание систем мониторинга природных и техногенных катастроф и минимизации их последствий для населения, инфраструктуры и окружающей среды на базе инновационных геоинформационных, картографических и аэрокосмических технологий</p> <p>Формирование физико-математических и комплексных моделей для количественной оценки частоты, повторяемости и регионализации опасных гидрометеорологических явлений</p> <p>Разработка технологий оценки рисков различных типов природных катастроф</p> <p>Создание динамических экспертных систем сейсмического районирования</p> <p>Разработка методов оперативного выявления опасных природных и техногенных процессов на базе инновационных геоинформационных, картографических и аэрокосмических технологий</p> <p>Разработка технологий охраны лесов от пожаров</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		Формирование библиотеки данных о повторяемости и интенсивности экстремальных климатических явлений Формирование библиотеки данных об опасных и катастрофических биотических явлениях Формирование библиотеки данных о геокатастрофах природного и техногенного характера различных пространственных уровней Разработка новых подходов к оценке и прогнозированию устойчивости геосистем в условиях экстремальных природных и техногенных факторов
Технологии обеспечения безопасности производственных и энергетических опасных объектов, в том числе химических и нефтехимических производств, горных предприятий, высоконапорных плотин, гидро- и атомных электростанций		Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при добыче глубокозалегающих твердых полезных ископаемых шахтным способом Разработка механико-математических методов прогнозирования состояния сложных природно-технических, промышленных, инженерных, энергетических, транспортно-коммуникационных и гидротехнических систем
Технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений в акваториях, в том числе покрытых льдом районах		Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при нефтегазодобыче на шельфе
Технологии создания и актуализации кадастров территорий и акваторий с наибольшим уровнем экологического риска		Создание экспертных систем районирования территорий по степени проявления природных опасностей и катастрофических явлений
Технологии и системы предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду		Формирование библиотеки данных о состоянии трансграничных водных объектов, воздушного пространства

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

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- рациональное использование минерально-сырьевой базы и ее воспроизводство благодаря современным технологиям поиска и разведки минеральных ресурсов, в том числе обеспечение прироста запасов углеводородного сырья, в первую очередь нефти.





Табл. 5.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Поисково-разведочные работы, в том числе в новых районах добычи, удовлетворяющие экономическим и экологическим требованиям; разработка геофизических методов разведки нефти и газа в нетрадиционных геологических условиях; оценка продуктивности нефтеносных пластов; методы поиска зон возможного рудопроявления</p>		<p>Создание рудо- и нефтегазообразующих систем с целью предсказания территорий, наиболее благоприятных для открытия уникальных месторождений нефти, газа, стратегических металлов</p> <p>Формирование исследовательских моделей геодинамической природы важнейших рудных и нефтегазовых провинций с целью выявления общих закономерностей проявления процессов рудо- и нефтегазообразования в структурах Земли</p> <p>Формирование исследовательских моделей образования рудоносных магм и флюидов для разработки технологий поисков продуктивных комплексов изверженных пород</p> <p>Описание процессов системного литолого-геохимического анализа и 4D-моделирование осадочных бассейнов</p> <p>Разработка установок, применяющих дистанционные методы разведки на основе лазерных и лидарных технологий</p> <p>Исследование процессов навигации положения стволов наклонных, горизонтальных и разветвленных скважин в сложных геолого-технических условиях</p> <p>Исследование динамики взрыва и распространения ударных волн в горном массиве</p> <p>Разработка геоинформационных систем, аэрогеофизических, космических и литогеохимических технологий оценки закрытых территорий и поисков «слепых» месторождений полезных ископаемых</p> <p>Создание установок на основе геофизических технологий выявления резервуаров</p> <p>Разработка методов физико-химического анализа форм нахождения и закономерностей распределения полезных компонентов в рудных месторождениях, включая нетрадиционные соединения благородных металлов в новых видах минерального сырья, а также редкоземельных и редких металлов</p> <p>Разработка методов оценки ресурсов нефтяных месторождений на основе моделирования процессов в области нефтидогенеза</p> <p>Разработка специальных методов анализа электродинамики геологических сред для оценки возможных направлений разведки</p> <p>3D-моделирование осадочных бассейнов с определением связей осадконакопления и последующих диагенеза и катагенеза с нефте-, газо- и рудообразующими процессами, структурно-литологических факторов контроля нефтегазонакопления и рудоотложения для прогнозирования осадочных месторождений полезных ископаемых</p>



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Методы увеличения нефтеотдачи, включая направленное изменение коллекторских свойств пластов, позволяющее повысить коэффициент извлечения углеводородного сырья, в том числе на истощенных месторождениях и месторождениях низконапорного газа		<p>Исследование пластических, реологических и геодинамических свойств нефтяных пластов при различных динамических, гидравлических и термических воздействиях</p> <p>Разработка физико-химических процессов и закономерностей состояния системы «горная порода – жидкость – нефть и/или газ»</p> <p>Разработка базовых элементов безвзрывных низкоуступных и гидроскважинных геотехнологий, а также биотехнологических методов увеличения нефтеотдачи</p> <p>Создание установок для разрушения горных пород путем резонансного силового воздействия, а также электрическими и радиационными импульсами и полями</p> <p>Создание установок для управления реологическими свойствами кусковой горной массы и тонкодисперсных минеральных продуктов методами вибрационной механики</p> <p>Разработка геотехнологий извлечения полезных ископаемых из недр с использованием роботизированных систем</p> <p>Разработка экспериментальных материалов для взрывной отбойки горной массы и управления гранулометрическим составом продуктов взрыва</p>
Утилизация попутного нефтяного газа		Разработка технологий и оборудования для глубокой химической переработки попутного нефтяного газа
Получение и использование нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.		<p>Исследование физико-химических закономерностей процессов извлечения ценных компонентов из продуктов сжигания углей, сланцев, отходов предприятий</p> <p>Разработка технологий гидроразрывного воздействия на сланцевые породы и пласты</p>
Физико-технические и физико-химические технологии переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана, в том числе для производства газообразных и жидких синтетических углеводородов		<p>Разработка технологий гидроразрывного воздействия на метано-содержащие сланцевые и угольные пласты</p> <p>Разработка процессов направленного изменения состояния и свойств межзерновых контактов в горных породах</p> <p>Исследование структурных, физико-химических, технологических свойств минералов в процессе комбинированного воздействия на геоматериалы и минеральные суспензии</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Технологии эффективной переработки твердых полезных ископаемых, включая энерго-сберегающую комплексную переработку труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья с высокой степенью концентрации минеральных комплексов</p>		<p>Разработка специальных методов анализа механизма межфазных взаимодействий при раскрытии и разделении минеральных комплексов в силовых полях</p> <p>Разработка природно-технических систем комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых</p> <p>Разработка технологий разрушения горных пород и дезинтеграции минеральных комплексов на основе сложных и комбинированных энергетических воздействий</p> <p>Разработка технологий направленного модифицирования физико-химических и технологических свойств минералов</p> <p>Создание установок для разрушения горных пород путем резонансного силового, а также электроимпульсного и радиационного воздействия с целью сохранения целостного минерального компонента</p> <p>Создание установок для управления реологическими свойствами кусковой горной массы и тонкодисперсных минеральных продуктов методами вибрационной механики</p> <p>Создание установок для изменения поверхностных свойств минералов и интенсификации процесса флотации</p> <p>Разработка новых классов флотационных реагентов, обеспечивающих повышение качества извлечения частиц благородных металлов из труднообогатимых руд и техногенного сырья сложного вещественного состава на микро- и наноуровне</p> <p>Разработка методов анализа нетрадиционных форм соединений благородных металлов в новых видах минерального сырья, а также редкоземельных и редких металлов с целью создания инновационных технологий извлечения тонкодисперсных, микро- и наночастиц</p> <p>Формирование геотехнологических и геомеханических моделей безопасного освоения месторождений твердых полезных ископаемых на больших глубинах</p> <p>Создание установок для разрушения горных пород путем резонансного силового воздействия, а также электрическими и радиационными импульсами и полями</p> <p>Создание установок для управления реологическими свойствами кусковой горной массы и тонкодисперсных минеральных продуктов методами вибрационной механики</p> <p>Создание установок на основе новых принципов сепарации руд путем использования электрических и электромагнитных полей широкого диапазона частот</p> <p>Разработка экспериментальных материалов для взрывной отбойки горной массы и управления гранулометрическим составом продуктов взрыва</p>
<p>Использование в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых</p>		<p>Формирование исследовательских моделей физико-химических закономерностей процессов извлечения ценных компонентов из продуктов сжигания углей, отходов металлургических и горно-обогатительных предприятий</p>



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

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- высокоэффективные безопасные технологии морской разведки и добычи углеводородов в экстремальных природно-климатических условиях, включая способы предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти;
- технологии разведки и добычи твердых полезных ископаемых на прибрежном и глубоководном шельфе Мирового океана.

Табл. 5.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Экологически безопасная морская разведка и добыча различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики		<p>Разработка технологий разведки и освоения месторождений углеводородов и других полезных ископаемых на арктическом шельфе</p> <p>Формирование модели структуры ресурсного потенциала Мирового океана и морей Российской Федерации, включая шельфовые и прибрежные районы Арктики</p> <p>Исследование влияния гидрометеорологических факторов на эффективность разведки и освоения ресурсов полярных областей с учетом изменений климата</p> <p>Разработка механизмов крупномасштабной эмиссии метана на арктическом шельфе Российской Федерации и биогеохимического цикла метана в арктических морях</p> <p>Оценка обеспечения геолого-геофизических разведок, эксплуатации минеральных, углеводородных и биологических ресурсов Мирового океана</p>
Технологии сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом		<p>Разработка технологии и оборудования для выявления залежей на основе пассивных сейсмических методов разведки</p>
Технологии обеспечения комплексной безопасности работ на континентальном шельфе Российской Федерации, в Арктике и Антарктике, включая мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера		<p>Формирование моделей возникновения экстремальных опасных и катастрофических явлений в Мировом океане и морях Российской Федерации и создание систем оценки их влияния на морскую деятельность и хозяйственные объекты береговой зоны</p> <p>Оптимизация морского природопользования и комплексного управления морскими и прибрежными экосистемами</p> <p>Гидрометеорологическое и геоинформационное обеспечение морской деятельности, направленное на минимизацию рисков и оптимизацию морских операций</p>
Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти, в первую очередь в ледовых условиях, включая технологии обнаружения нефти подо льдом		<p>Разработка технологии и оборудования для эффективной защиты морской среды от антропогенных загрязнений</p> <p>Оценка процессов загрязнения с судов и создание экспериментальных образцов и прототипов систем морского экологического контроля и надзора акваторий Мирового океана и морей Российской Федерации</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Технологии комплексного гидрометеорологического и экологического мониторинга опасных природных явлений, в первую очередь ледовой обстановки в Арктике и Антарктике, а также в других районах Мирового океана</p>		<p>Исследование роли океана в климатических изменениях и формировании климатических аномалий на континентах</p> <p>Разработка системы «океан – атмосфера – морской лед», описывающей динамику ледового покрова, ветрового волнения и течений, в том числе в полярных морях</p> <p>Исследование изменения структуры и динамики вод в Арктике и Антарктике под влиянием естественных и антропогенных факторов в средне- и долгосрочной перспективе</p> <p>Формирование моделей климатической изменчивости Мирового океана и морей Российской Федерации с установлением донных буев, использованием экспедиционных наблюдений и космической информации</p> <p>Формирование моделей климатических изменений полярных областей под влиянием естественных и антропогенных факторов в средне- и долгосрочной перспективе</p> <p>Оценка аномалий климатообразующих процессов на поверхности Мирового океана, включая процессы энергообмена на границе «океан – атмосфера»</p> <p>Оценка природных и антропогенных процессов на приморских территориях и прилегающих акваториях окраинных морей Российской Федерации</p> <p>Оценка динамики миграций и численности млекопитающих и птиц – индикаторов климатических и антропогенных изменений</p> <p>Оценка загрязнения и экологического ущерба в Мировом океане, Арктической зоне Российской Федерации и Южном полярном регионе</p> <p>Разработка технологий гидрометеорологического и навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности</p> <p>Разработка систем мониторинга загрязнения окружающей природной среды и состояния биоразнообразия в Арктической зоне Российской Федерации</p> <p>Создание систем оперативного мониторинга климатических изменений на основе судовых экспедиционных наблюдений и измерений на стационарных и дрейфующих буях</p>
<p>Современные технологии дистанционного зондирования Земли, включая экологический мониторинг, оценку ресурсов и прогнозирование состояния природной среды Арктической зоны Российской Федерации на базе многоцелевой российской космической системы «Арктика», а также автоматизированные системы сбора и обработки информации в труднодоступных районах Арктики и Антарктики</p>		<p>Создание системы дистанционного обеспечения экологического контроля акваторий Мирового океана, Арктики и Антарктики, включая моря Северного Ледовитого океана</p> <p>Создание системы долговременного инструментального мониторинга ключевых климатических изменений циркуляции Мирового океана</p> <p>Создание систем дистанционного мониторинга миграций морских и наземных млекопитающих и птиц Арктической зоны Российской Федерации</p> <p>Разработка методов проведения спутникового мониторинга и анализа сезонной и межгодовой изменчивости сплоченности морских льдов в арктических и внутренних морях Российской Федерации</p>



6 ТРАНСПОРТНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

6.1. Вызовы и окна возможностей

Развитие транспортных систем в период до 2030 г. будет характеризоваться весьма специфичным сочетанием глобального и национального контекстов. Ключевые позиции национального контекста включают обеспечение транспортной связанности, единства всей российской территории, а также кардинальное повышение уровня мобильности населения [Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию, 2012]. Данные политические установки Президента Российской Федерации отражают крайне тяжелые вызовы, стоящие перед отечественной транспортной системой и связанные не только с научно-техническим, но с социально-экономическим развитием страны. Значительная часть территории России, включая места традиционного расселения ее жителей, не прошла еще стадию пионерного дорожного освоения. Транспортная мобильность населения России составляет порядка 7 тыс. пассажиро-километров в год, что в 3–4 раза ниже мирового уровня; не менее 30% населения страны относятся к кластеру «архаической мобильности», фиксируемому на отметке 2–3 тыс. пассажиро-километров в год.

Глобальный контекст характеризуется рядом новых трендов, задаваемых не только традиционными (США, Канада, Япония, ЕС), но и новыми (Китай) странами-лидерами. В области массовых пассажирских перевозок речь идет прежде всего о принципиальных прорывах в сфере региональной авиации и высокоскоростного железнодорожного сообщения, обеспечивающих зримый эффект «сжатия пространства», т.е. субъективного (с позиции потребителя транспортных услуг) сокращения расстояний между городами и регионами.

В сегменте перевозок энергетических грузов следует выделить четко обозначившуюся тенденцию использования крупнотоннажных (250 тыс. м³ и более) СПГ-танкеров с двигателями, работающими на газе из кипящего слоя.

В сфере грузовых перевозок для нужд домохозяйств все более реальными становятся перспективы массового использования беспилотных летательных аппаратов для доставки обширной номенклатуры грузов, заказываемых в торговых IT-системах.

Можно уверенно говорить о становлении в период до 2030 г. нового сегмента частного транспортного бизнеса, ориентированного на освоение ближнего космоса.

В сегменте транспортного самообслуживания домохозяйств уже обозначился первый с момента появления в 1908 г. массового легкового автомобиля масштабный институциональный сдвиг в городской и агломерационной мобильности. Сегодня наблюдаются не только «слабые сигналы», но и вполне явные признаки завершения эпохи доминирования автомобильного транспорта в мировых мегаполисах. На смену идеологии “car-dependent mobility” приходит концепт “sustainable mobility”, предполагающий построение сбалансированных мультимодальных транспортных систем.

Одной из характерных институциональных инноваций в таких системах становится практика “car sharing”, подразумевающая клубное (кооперированное, поочередное) использование автомобилей по аналогии с тележками в супермаркете. При этом планируется использовать как традиционные автомобили малой вместимости, так и экзотические на сегодняшний день конструкции, вплоть до складных/раскладных электрокаров. За последние



20 лет “car sharing” превратился в распространенный коммерческий формат, который имеет шансы стать массовым.

Для всех отмеченных трендов характерна конвергенция инноваций в сфере технологий (материалов, механизмов энергосбережения, систем управления), а также институций и бизнес-моделей. Все большее распространение получает идеология комплексного мультимодального транспортного планирования (comprehensive multimodal transportation planning), применяемая на глобальном, национальном, региональном и агломерационном уровнях. В рамках этой идеологии формируется соответствующая нормативная правовая база, складываются реальные практики и научные школы.

Есть основания полагать, что Россия способна решать задачи в сфере транспортных и космических систем, исходя из реалий национального контекста и одновременно следуя в русле глобальных тенденций. Разумеется, решение этих задач связано с проведением широкого спектра научных исследований по всем сегментам транспортного комплекса, включая авиацию и космос. При этом научные исследования и разработки в области технологий, материалов, топлив, систем управления должны быть увязаны с исследованиями в сфере институциональной проблематики, транспортного планирования, механизмов финансирования инфраструктурных проектов.

Эффективный современный транспортный комплекс может стать «локомотивом» российской экономики, способствовать созданию условий для инновационного развития страны. Однако его формирование требует привлечения значительных финансовых ресурсов, которые не могут быть получены только на базе федерального бюджета. Таким образом, ключевой задачей для транспортного сектора становится повышение инвестиционной привлекательности, которое может быть достигнуто за счет снижения затрат, повышения эффективности строительства и содержания объектов инфраструктуры, роста производительности труда.

В рамках формирования ПНТР были выделены вызовы и окна возможностей, определяющие основные векторы развития приоритетного направления «Транспортные и космические системы» (рис. 6.1).

Ускоренному развитию транспортных систем будет способствовать появление новых материалов (в том числе композиционных и наноструктурированных), микроэлектромеханических приборов, цифровой электроники и систем спутниковой навигации. Эти инновационные разработки позволят оптимизировать конструкции транспортных средств: повысить их экономичность, уменьшить массу, увеличить срок эксплуатации, облегчить управление, создать более комфортные условия для пассажиров.

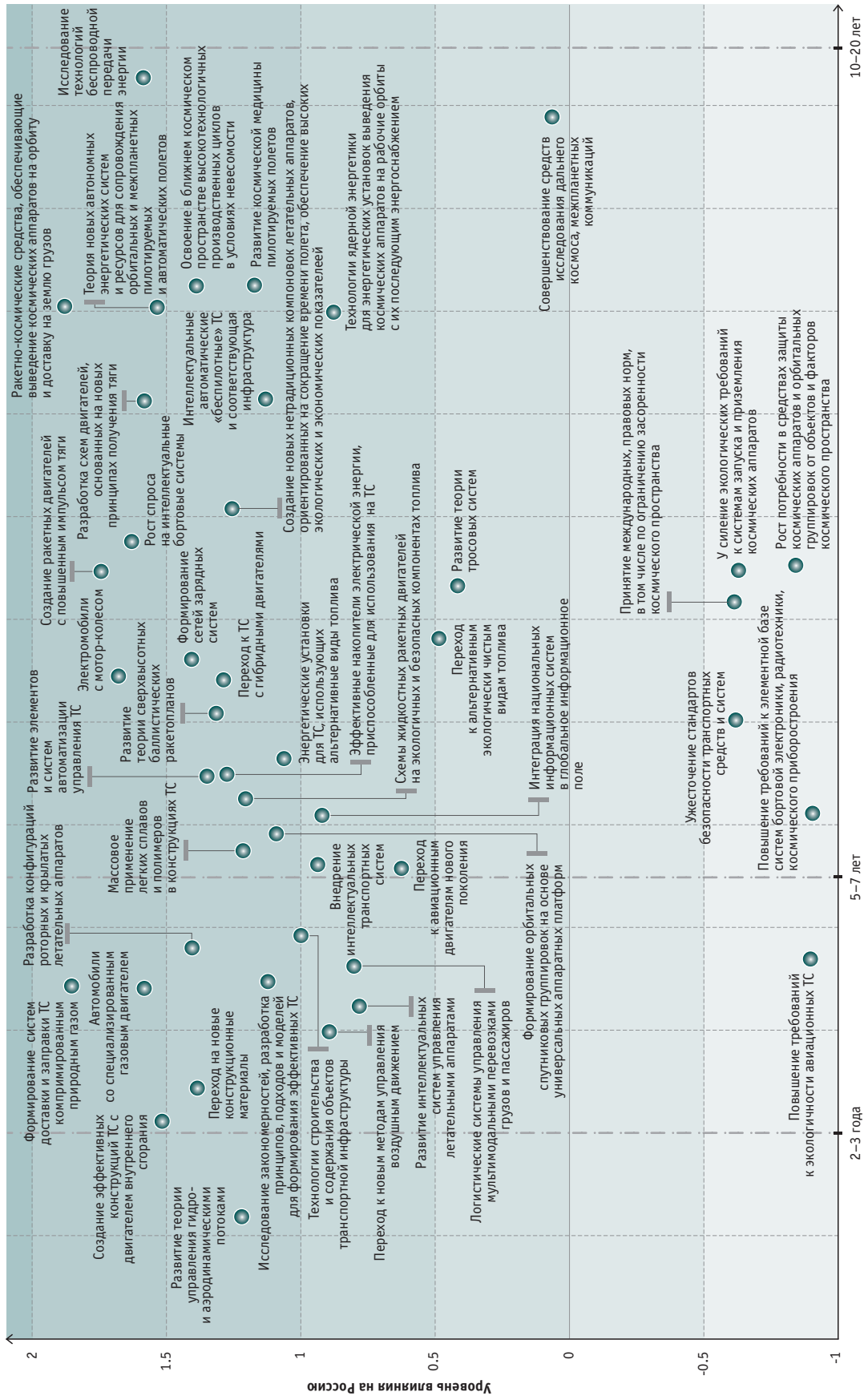
Постоянное повышение экологических требований диктует необходимость непрерывного совершенствования авиационных транспортных систем, в первую очередь двигательных установок. Переход на авиационные двигатели нового поколения позволит, во-первых, интенсифицировать эксплуатацию воздушных судов, во-вторых – значительно снизить выброс парниковых газов в атмосферу. Кардинальное повышение эффективности авиационных двигателей возможно только путем разработки схем двигателей на новых принципах получения тяги.

Новые возможности развития космических систем открывает разработка инновационного класса двигателей, в том числе *жидкостных ракетных двигателей на экологических и безопасных компонентах топлива*, а также *ракетных двигателей с повышенным импульсом тяги*. Средства увеличенной грузоподъемности позволят вывести на орбиту не только новые спутники тяжелого класса, но и целый ряд космических аппаратов, тем самым снизив затраты на подготовку запусков.

Рост потребностей в средствах защиты космических аппаратов и орбитальных группировок от объектов и факторов космического пространства обусловит создание системы наблюдения за околоземным пространством и технологий утилизации космического мусора.



Рис. 6.1.1. Транспортные и космические системы: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



Серьезный импульс рассматриваемому направлению придаст использование *альтернативных видов топлива*. Наибольшие перспективы в области создания эффективных энергетических установок для транспортных средств связаны с топливными элементами, использующими водород или природный газ. В частности, экономически эффективным и экологически ориентированным технологическим решением станет внедрение *воздушных судов и автомобилей со специализированным газовым двигателем*. Переход к *гибридным установкам* приведет к снижению потребления топлива, сформирует рынок электродвигателей большой мощности и сверхъемких аккумуляторов, изменит систему сервисного обслуживания. Также будет востребовано синтетическое топливо, получаемое из возобновляемого сырья.

Наконец, в сфере транспортной инфраструктуры *внедрение интеллектуальных транспортных систем* должно способствовать значительному повышению пропускной способности существующих дорог и снижению числа дорожно-транспортных происшествий.

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

- *космические системы*:
 - малые сроки активного существования космических аппаратов;
 - отставание развития орбитальной группировки;
 - недостаточное количество доступных для использования модулей Международной космической станции;
 - неблагоприятные географические аспекты размещения космодромов (стартовых площадок), требующие разработки ракетных систем с повышенными рабочими характеристиками для гарантированного выхода в космос с территории страны;
 - удаленность производственных предприятий от стартовых комплексов, специальные требования к транспортным процессам;
 - ограничения на экспорт космической техники и специальной электронной компонентной базы из развитых стран;
 - использование в космических транспортных средствах токсичных компонентов топлива, применение которых может быть запрещено международными соглашениями;
 - специальные требования к количеству и качеству компонентов систем мониторинга и телекоммуникаций в связи с необходимостью покрытия большой площади страны;
 - технологическое отставание научно-экспериментального и промышленного комплекса ракетно-космического производства;
 - техническое отставание наземной инфраструктуры потребления космических услуг и неразвитость сопутствующих секторов приборостроения;
 - дефицит квалифицированных кадров;
- *авиационные транспортные системы*:
 - дефицит квалифицированных кадров;
 - технологическая отсталость и высокая степень износа отечественной сети аэродромов;
 - слабая интегрированность в современные международные логистические цепи;
 - дефицит квалифицированных кадров в сфере авиастроения и эксплуатации авиационной техники;
 - наличие специальных климатических требований к самолетам и наземной инфраструктуре;
 - несоответствие гражданской авиационной техники международным экологическим стандартам и соглашениям по безопасности и шумозащищенности;
- *автомобильные транспортные системы*:
 - недостаточный уровень развития транспортной инфраструктуры, в том числе в городских агломерациях;



- необходимость системных решений для развития транспортной инфраструктуры;
- отставание в развитии высокоскоростных и интеллектуальных транспортных систем;
- рост негативного воздействия транспорта на окружающую среду;
- слабая развитость национальных телекоммуникационных и навигационных систем;
- *водные транспортные системы:*
 - технологическая отсталость судостроительных компаний;
 - заметное преобладание военных заказов над гражданскими при диаметрально противоположной ситуации на мировом рынке;
 - горизонтальная интеграция отрасли в условиях преобладания в мире вертикальной интеграции;
 - низкий уровень развития технологий транспортировки спецгрузов (сжиженного природного газа, опасных, нестабильных, активных веществ и др.);
 - длительные сроки ремонта и сервисного обслуживания транспортных средств;
 - неблагоприятные климатические условия, не допускающие круглогодичной загрузки верфей и обуславливающие высокие энергозатраты;
 - высокая стоимость прототипирования при разработке транспортных средств;
 - слабая развитость логистических технологий, приводящая к возникновению барьеров и разрывов в транспортных цепочках.

6.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Развитие перспективных рынков и инновационных продуктов в рассматриваемой сфере будет связано с прогрессом технологий и материалов для транспортного машиностроения и строительства, совершенствованием транспортно-логистической системы грузовых и пассажирских перевозок, космических систем.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Транспортные и космические системы»:

- моделирование, прогнозирование и планирование развития транспортных систем на основе транспортно-экономического баланса;
- интеллектуальные транспортные системы и новые системы управления;
- мультимодальные транспортно-логистические системы;
- комплексное моделирование транспортных потоков;
- системы повышения экологичности и энергоэффективности транспортных средств;
- системы обеспечения безопасности на транспорте;
- инновационные материалы и технологии для создания объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- системы скоростного и высокоскоростного движения;
- перспективные транспортные средства и системы;
- космические системы и услуги.

По экспертным оценкам, в среднесрочном периоде среди наиболее быстрорастущих рынков окажутся интеллектуальные транспортные системы и новые системы управления; экологичные и энергоэффективные транспортные средства. Особое внимание следует обратить на группу рынков, рост которых может ускориться после 2020 г. К ним в первую очередь относятся мультимодальные транспортно-логистические системы грузовых и пассажирских перевозок; новые материалы и технологии для транспортного строительства; перспективные транспортные средства и системы; космические услуги.

В табл. 6.1 представлены инновационные продукты и услуги для перечисленных выше перспективных рынков.



Табл. 6.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Транспортные и космические системы»

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
<p>Моделирование, прогнозирование и планирование развития транспортных систем на основе транспортно-экономического баланса</p>	<p>Транспортно-экономические балансы регионального и федерального уровней</p> <p>Регламенты, методики и системы статистического наблюдения для построения транспортно-экономических балансов</p> <p>Модели транспортных систем регионального, муниципального и федерального уровней на основе транспортно-экономического баланса</p> <p>Комплексная система моделирования и планирования развития транспортной системы страны</p>	<p>Возможность научно обоснованного планирования сбалансированного развития транспортной инфраструктуры и формирования единого транспортного пространства</p> <p>Повышение качества оценки транспортной доступности территорий и прогноз направлений и объемов перевозок</p> <p>Полнота статистики, высокая адекватность моделей и точность алгоритмов прогнозирования</p> <p>Возможность получения необходимой информации из минимального количества источников с наименьшими временными и трудовыми затратами</p> <p>Возможность построения математических моделей транспортно-экономического баланса разных уровней агрегации, описывающих внутрирегиональные, межрегиональные, внешнеторговые и транзитные транспортно-экономические связи</p> <p>Охват территории страны или основных транспортных направлений</p>
<p>Интеллектуальные транспортные системы и новые системы управления</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 транспортными средствами, в том числе беспилотными, а также их группами</p> <p>Методы и модели ситуационного и адаптивного управления в интеллектуальных транспортных системах</p> <p>Методы и модели управления спросом на движение в интеллектуальных транспортных системах</p> <p>Новые системы управления на железнодорожном, автомобильном, воздушном, морском, внутреннем водном транспорте</p>	<p>Высокая эффективность управления транспортом</p> <p>Повышение безопасности, коммерческой скорости и предсказуемости перевозок по транспортным коридорам</p> <p>Индивидуальное автоматизированное управление транспортными системами, повышение безопасности движения, уменьшение влияния поведения водителей на возникновение заторов и ситуаций, препятствующих эффективному движению</p> <p>Высокая эффективность управления потоками на участках транспортной сети, автоматический режим управления без участия диспетчера</p> <p>Возможность предотвращения заторов при помощи информирования участников движения, заблаговременного перенаправления транспортных потоков, изменения модальности поездок</p> <p>Оптимизация перевозочного процесса, повышение энергоэффективности и безопасности</p> <p>Повышение емкости воздушных коридоров и безопасности движения, сокращение непроизводительных потерь</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Мультимодальные транспортно-логистические системы	Высокоэффективные транспортно-логистические технологии Технические модели и технологические системы организации транспортно-логистических процессов Системы транспортной логистики высокого уровня	Высокая коммерческая скорость, обеспечение доставки товаров точно в срок, синхронизированное управление транспортно-логистическими процессами в целях поставок Технологическая совместимость операций мультимодальных транспортно-логистических процессов, унификация перевозочных документов
Комплексное моделирование транспортных потоков	Экономические модели рынка конкурентоспособных транспортных услуг Модели социальных транспортных стандартов Модели жизненного цикла транспортных услуг Система мониторинга и управления качеством транспортных услуг	Повышение эффективности государственного регулирования рынка перевозок Определение минимального гарантируемого государством уровня (параметров) доступности и качества транспортных услуг для населения Установление правил рынка, мотивирующих повышение доступности и качества транспортно-логистических услуг в условиях недискриминационного доступа к коммерческой деятельности Статистическое наблюдение параметров качества услуг, составление соответствующих аналитических отчетов, выработка обоснованных рекомендаций по развитию механизмов государственного регулирования качества транспортных услуг
Системы повышения экологичности и энергоэффективности транспортных средств	Системы мониторинга негативного воздействия транспорта на окружающую среду Средства и системы снижения негативного воздействия на окружающую среду на железнодорожном, воздушном, морском, внутреннем водном, автомобильном транспорте, а также в дорожном хозяйстве Средства и системы повышения энергоэффективности на железнодорожном, воздушном, морском, внутреннем водном, автомобильном транспорте, а также в дорожном хозяйстве	Оценка экологической ситуации в городских агломерациях, в том числе влияния вредных выбросов транспорта и его шумового воздействия Усиление внимания к экологическим факторам развития транспорта, создание предпосылок для перехода к «зеленому» росту Снижение негативного воздействия на окружающую среду Выполнение норм ИКАО, расширение географии авиаперевозок за счет выхода отечественной техники на рынки развитых стран Стимулирование развития сферы туризма и отдыха Сохранение биоресурсов
Системы обеспечения безопасности на транспорте	Системы мониторинга, контроля и надзора за обеспечением безопасности на транспорте Средства и системы повышения безопасности на железнодорожном, воздушном, морском, внутреннем водном, автомобильном транспорте, а также в дорожном хозяйстве	Рост объемов перевозок, увеличение загрузки существующей транспортной сети и обусловленный этими факторами рост значимости развития нормативной правовой базы в области транспортной безопасности Соответствие постоянно ужесточаемым нормам и правилам обеспечения безопасности



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
<p>Инновационные материалы и технологии для создания объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств</p>	<p>Новые материалы для повышения эффективности, снижения веса и prolongation срока службы транспортных средств и объектов инфраструктуры</p> <p>Новые технические средства и автоматизированные системы контроля состояния транспортных средств и объектов инфраструктуры, управления их содержанием и ремонтом</p> <p>Новые материалы и технологии для создания космических систем</p>	<p>Снижение расходов на строительство и реконструкцию объектов транспортной инфраструктуры</p> <p>Возможность формирования транспортной инфраструктуры на ранее недоступных территориях, в том числе в районах Крайнего Севера</p> <p>Снижение рисков при эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры и транспортных систем в целом</p> <p>Снижение эксплуатационных расходов за счет оптимизации графиков ремонтов и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры</p>
<p>Системы скоростного и высокоскоростного движения</p>	<p>Транспортные средства и системы нового поколения на железнодорожном, автомобильном, водном и воздушном транспорте</p>	<p>Повышение эффективных скоростей движения, расширение границ режима экономичной эксплуатации транспортных средств</p> <p>Рост мобильности населения, субъективное сокращение расстояний</p> <p>Снижение плотности населения в мегаполисах за счет повышения комфортности маятниковой миграции</p> <p>Стимулирование туризма и отдыха, расширение масштабов рекреационной активности населения</p> <p>Возможность перераспределения транспортных потоков на региональном и федеральном уровнях</p> <p>Повышение пропускной способности водных маршрутов</p>
<p>Перспективные транспортные средства и системы</p>	<p>Новые типы двигателей, в том числе электрических</p> <p>Композиционные и полимерные материалы с улучшенными потребительскими характеристиками</p> <p>Система обслуживания транспортных средств, использующих альтернативные виды топлива</p> <p>Разработка решений по встраиванию новых видов транспортных средств в действующую транспортную и энергетическую инфраструктуру</p>	<p>Повышение объемов перевозки и скоростей движения на всех видах транспорта</p> <p>Рост энергоэффективности, комфортабельности и безопасности транспортных средств</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду и объекты транспортной инфраструктуры</p> <p>Уменьшение эксплуатационных расходов</p> <p>Возможность навигации в сложной ледовой обстановке</p> <p>Новые возможности для добычи полезных ископаемых на шельфе при снижении негативного воздействия на окружающую среду</p>



(окончание)

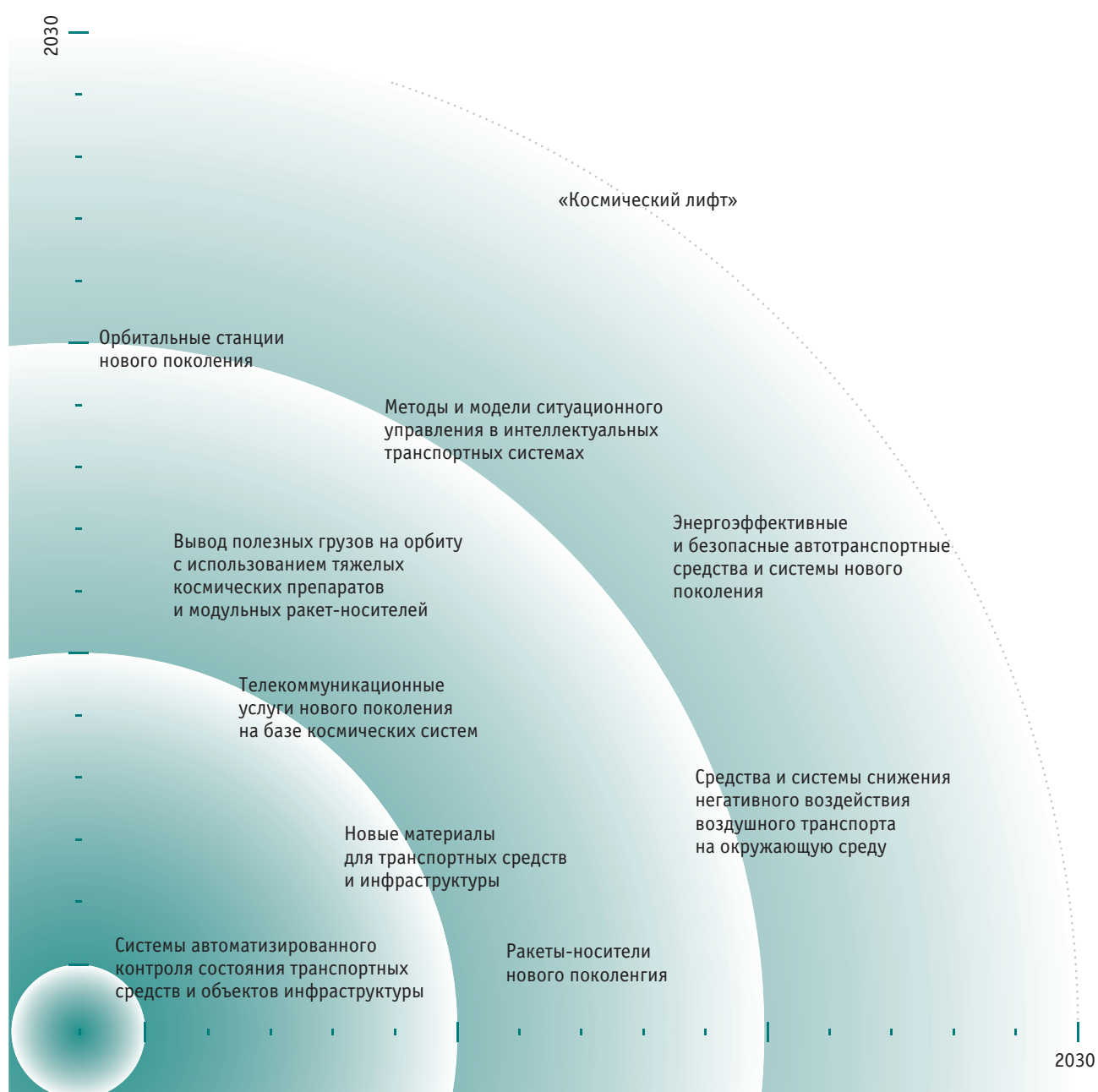
Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Космические системы	Космические аппараты, ракеты-носители, стартовые комплексы, орбитальные станции и электростанции нового поколения	<p>Повышение сроков активного существования космических аппаратов</p> <p>Улучшение эксплуатационных характеристик и рост энерговооруженности космических аппаратов при снижении удельных затрат на их обслуживание</p> <p>Рост энергоэффективности и безопасности ракетных стартов и вывода на орбиту</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду, в том числе при нештатном срабатывании</p> <p>Рост энергоэффективности, комфортабельности и безопасности эксплуатации летательных аппаратов</p> <p>Снижение рисков внешних космогенных воздействий, угрожающих безопасности жизни на Земле</p> <p>Возможность освоения дальнего космоса</p> <p>Повышение объемов производства специальных материалов и проведения экспериментов в условиях невесомости и космического пространства</p> <p>Повышение объемов генерации экологически чистой энергии без использования ископаемого или альтернативного топлива</p>
Космические услуги	Телекоммуникационные услуги Глобальная навигация и позиционирование Космический мониторинг Вывод полезных грузов на орбиту Дистанционное зондирование Земли Космический туризм	<p>Повышение объемов, энергоэффективности и безопасности передачи данных и мультимедийного контента</p> <p>Повышение объемов передачи данных между спутниками за счет перехода к частоте передачи до 100 ГГц</p> <p>Изменение глобального медиарынка, базирующееся на новых форматах предоставления контента, в том числе персонализированном</p> <p>Рост энергоэффективности, комфортабельности и безопасности пассажирских и грузовых перевозок</p> <p>Точность и оперативность сбора данных на локальных и глобальных территориях</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду</p> <p>Активный рост спроса на широкий спектр устройств со спутниковым интерфейсом</p>



На рис. 6.2 приведены примеры инновационных продуктов и услуг, способных оказать радикальное влияние на мировые рынки в долгосрочной перспективе.

Новые технические средства и *системы автоматизированного контроля состояния транспортных средств и объектов инфраструктуры*, управления их содержанием и ремонтом обеспечат формирование интегральных аналитических оценок уровня технологической безопасности и создание единой многоуровневой системы управления транспортным пространством. Благодаря оптимизации графиков ремонтов и реконструкции объектов инфраструктуры станет возможным снижение рисков эксплуатации транспортных систем

Рис. 6.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Транспортные и космические системы»





без заметного ухудшения режима движения транспортных потоков. Внедрение новых продуктов поможет повысить уровень безопасности на транспорте, оптимизировать дорожный трафик и снизить степень износа основных фондов. Конкурентным преимуществом российских разработчиков и производителей может стать знание особенностей эксплуатации транспортных систем и объектов инфраструктуры в сложных климатических и геологических условиях, включая арктическую и субарктическую зоны.

В долгосрочной перспективе ожидается динамичное развитие рынка услуг, связанных с *методами и моделями ситуационного управления в интеллектуальных транспортных системах* в городских агломерациях. Внедрение таких услуг позволит повысить безопасность, коммерческую скорость и предсказуемость перевозок, а также пропускную способность транспортной системы на 15–20% без привлечения капитальных вложений в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры.

Прогресс в области *новых материалов для транспортных средств и инфраструктуры* невозможен без технологических прорывов в сфере материаловедения. Особое внимание будет уделено разработке композиционных материалов, металлических сплавов и металлокерамики с нанодобавками, нанопокровительных деталей, работающих в агрессивных средах, металлополимерных и полимерных композиционных материалов, углепластиков, обладающих повышенной прочностью, тепло- и ударостойкостью, а также новых типов синтетических горюче-смазочных материалов. Применение инновационных конструкционных материалов для подвижного состава перспективных видов рельсового, автомобильного и водного транспорта даст возможность сократить расход топлива на 20%, повысить безопасность использования конструкций и сооружений в течение проектного срока службы и увеличить период их эксплуатации, почти вдвое уменьшить загрязнение окружающей среды.

Создание *эффективных и безопасных автотранспортных средств и систем нового поколения* отвечает современным тенденциям развития этой области, заключающимся в повышении энергоэффективности, комфортабельности и безопасности. В краткосрочной перспективе появятся транспортные средства, полностью лишенные традиционного двигателя внутреннего сгорания, – электромобили, оснащенные накопителем электрической энергии большой мощности, в том числе со вспомогательным электрогенератором, или электромобили на топливных элементах. Ожидается, что данная продуктовая группа достигнет высоких конкурентных позиций на рынке к 2022–2025 гг. К этому времени будут созданы условия для развития распределенной электрогенерации на основе возобновляемых источников энергии и «умных» сетей. Электромобили смогут использоваться в качестве распределенных средств аккумулирования электроэнергии, покрывать пики электрических нагрузок, резервировать мощность и улучшать качество электроэнергии. Возможен переход и к другим источникам энергии (например, биотопливу или водороду), что повлечет за собой рост конкурентоспособности возобновляемой энергетики и будет способствовать экономии невозобновляемых ресурсов ископаемых топлив. Изменится и структура ресурсной базы автомобильной промышленности: снизится потребность в черном металле, возрастет спрос на полимерные материалы и алюминиевые сплавы.

Быстрыми темпами будет осуществляться разработка *средств и систем снижения негативного воздействия воздушного транспорта на окружающую среду*, направленных в первую очередь на сокращение эмиссии вредных веществ. Помимо этого, новые продукты позволят снизить расход топлива на пассажирские перевозки, уровень шума, повысить безопасность полетов. К 2030 г. прогнозируется выход на авиационный рынок летательных аппаратов с улучшенными основными характеристиками: аварийность будет снижена в 8.5 раза по сравнению с соответствующим показателем 2010 г., расход топлива и эмиссия CO_2 – на 45%, выбросы NO_x – на 65% относительно норм ИКАО 2008 г., уровень шума – на 15 EPN дБ относительно Главы 4 норм ИКАО. В период до 2020 г. появятся продукты,



полностью удовлетворяющие перспективным нормам ИКАО, предполагающим ужесточение требований к экологическим показателям воздушного транспорта.

Ракеты-носители нового поколения с широким использованием новых полимерных композиционных материалов (доля композитов на 20% выше, чем в ракете «Протон-М») будут обладать характеристиками, превосходящими параметры существующих аналогов приблизительно вдвое. Отличительной особенностью таких ракет-носителей является принцип модульности. Подобная концепция построения, во-первых, способствует упрощению доставки готового изделия к месту старта железнодорожным транспортом; во-вторых, позволяет создать целое семейство ракет-носителей – от легкого класса (на базе одного модуля первой ступени) с массой полезной нагрузки 1.5 т на низкой околоземной орбите до сверхтяжелого (более 50 т). С внедрением таких систем станет возможным вывод полезной нагрузки массой свыше 50 т на орбиту высотой 200 км, что расширит возможности решения перспективных космических задач (космический туризм, запуск космических аппаратов к Луне или ближайшим планетам Солнечной системы, а в перспективе – их адаптация к освоению дальнего космоса). Ожидаемая выгода связана с эффектом масштаба: модульные системы позволят перейти от современного мелкосерийного или даже штучного производства ракетных модулей к среднесерийному выпуску.

В сфере услуг *вывода полезных грузов на орбиту* будет развиваться транспортировка космических аппаратов большой массы, повысятся объемы выведения полезных грузов и космических аппаратов посредством использования более легких материалов и интегральных систем в сочетании со снижением негативного воздействия на окружающую среду.

Развитие *телекоммуникационных услуг нового поколения на базе космических систем* имеет особое значение для нашей страны с ее колоссальной территорией. В данной области разработка новых космических средств и инфраструктуры направлена на оказание потребителям доступных и качественных коммуникационных услуг за счет увеличения скоростей передачи данных, более высокой точности позиционирования и возможности использования в труднодоступной местности. В перспективе системы спутниковой связи и ретрансляции телевизионных сигналов окажутся востребованными на всей территории России. Развитие этого направления обеспечит повышение объемов передачи данных и мультимедийного контента, в том числе между спутниками, путем перехода к частоте передачи до 100 ГГц.

В качестве прорывного инновационного направления рассматривается создание *орбитальных станций нового поколения*, с появлением которых станет возможным изготовление в условиях космического пространства специальных материалов, микросхем и наноустройств в промышленных масштабах. Ожидается развитие космической (орбитальной) группировки, в том числе за счет создания новых космических аппаратов и совершенствования уже эксплуатируемых ракет и станций; расширение наземной инфраструктуры, включая создание новых и совершенствование существующих космодромов, центров управления и связи. Орбитальные станции нового поколения будут обладать более высоким уровнем энергоэффективности, комфортабельности и безопасности. Кроме того, будут разработаны принципы функционирования орбитальных «заводов» и автоматизированных исследовательских комплексов; созданы основы построения робототехнических средств для выполнения орбитальных операций и технического обслуживания в автоматическом и адаптивном режимах, предусматривающие безлюдные технологии стыковки и соединения модулей многофункционального орбитального комплекса.

Создание тросовых систем, включая разработку *«космического лифта»*, позволит изменять орбиты космических аппаратов, перемещать грузы между орбитальными станциями, осуществлять запуски малых космических аппаратов и доставку полезных грузов на орбиту, что для традиционной ракетной техники не представляется реальным либо сопряжено со значительными затратами.

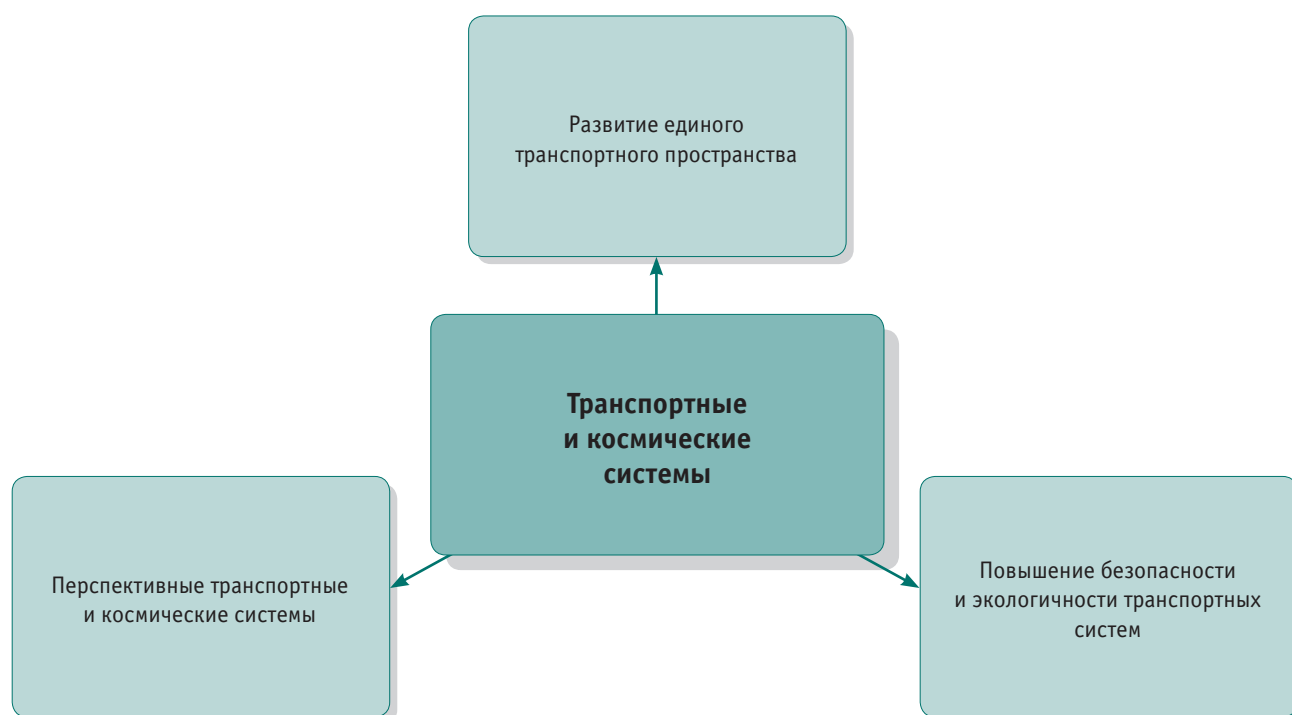


Исследования в указанных областях проводятся в целом ряде ведущих отечественных и зарубежных научно-исследовательских центров, компетенции которых были проанализированы в ходе подготовки прогноза. Организации-лидеры – как правило, крупные космические, авиационные и автомобильные концерны – сосредоточены в США, странах ЕС (в первую очередь Франции и Германии), Канаде и Японии. В области космических систем российские разработки не уступают по уровню зарубежным, по другим направлениям наблюдается отставание от лидеров.

6.3. Перспективные направления научных исследований

Для появления в России описанных выше инновационных продуктов и технологий потребуется развитие научных исследований в трех крупных тематических областях (рис. 6.3).

Рис. 6.3. Тематические области приоритетного направления «Транспортные и космические системы»



К числу наиболее конкурентоспособных направлений отечественной прикладной науки в рассматриваемой сфере относятся разработка исследовательских моделей для изучения транспортной ситуации в арктической и субарктической зонах; создание воздушно-космических летательных аппаратов для запуска суборбитальных малоразмерных космических спутников и ряд других областей, связанных с ракетами и космическими аппаратами нового поколения, новыми транспортными средствами и системами на морском и воздушном транспорте. Тем не менее, эти направления далеко не исчерпывают комплекс приоритетов научно-технологического развития, отвечающих перспективам динамики глобальных рынков.

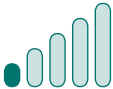


6.3.1. Развитие единого транспортного пространства

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- система формирования транспортно-экономического баланса Российской Федерации и прогнозирования его изменений, обеспечивающая научно обоснованное планирование развития эффективной инфраструктуры и создание единого транспортного пространства страны;
- система имитационного моделирования потоков на сети транспортных коммуникаций, использующая данные транспортно-экономического баланса;
- единая интегрированная система стратегического управления развитием транспортного пространства Российской Федерации на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях на основе математических моделей и транспортно-экономического баланса;
- пакет эффективных технологий и их адаптация для применения в транспортном строительстве, а также при эксплуатации и реконструкции соответствующих объектов инфраструктуры.

Табл. 6.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Развитие единого транспортного пространства»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Исследовательские модели элементов транспортно-экономического баланса, конфигурирования транспортных сетей и потоков и интеллектуального управления ими, минимальных социальных транспортных стандартов</p>		<p>Формирование математических моделей транспортно-экономического баланса различных уровней агрегации, описывающих внутрирегиональные, межрегиональные, внешнеторговые и транзитные транспортно-экономические связи, а также математических моделей для оценки транспортной доступности территорий Российской Федерации</p> <p>Формирование эффективных математических моделей прогнозирования направлений и объемов перевозок с учетом макроэкономических показателей, позволяющих оценивать динамику изменения транспортно-экономического баланса Российской Федерации</p> <p>Поиск путей повышения адекватности и достоверности моделей и точности алгоритмов прогнозирования</p> <p>Разработка новых форм и регламентов статистического наблюдения с целью сбора статистической информации грузовой базы предприятий и основных корреспонденций транспортных потоков</p> <p>Создание систем ведения транспортно-экономического баланса, расчета показателей транспортной доступности территорий, прогнозирования направлений и объемов перевозок</p> <p>Разработка методов моделирования транспортных потоков на основе данных транспортно-экономического баланса в условиях большой размерности задач, а также приемов декомпозиции моделей и использования высокопроизводительных вычислительных систем для моделирования</p> <p>Создание системы взаимосвязанных моделей, обеспечивающих расчет транспортных потоков по выделенным направлениям с учетом модального расщепления, мультимодальной транспортной доступности и размещения транспортных узлов</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методов интеграции взаимосвязанных моделей в единую модель транспортных потоков</p> <p>Поиск путей снижения вычислительной сложности алгоритмов расчетов</p> <p>Разработка системы взаимосвязанных прикладных моделей транспортных систем для пилотных регионов и методик калибровки моделей на основе натурных измерений, обеспечивающих повышение точности моделирования</p> <p>Формирование библиотеки имитационных моделей транспортных систем для анализа и отбора оптимальных вариантов развития соответствующей инфраструктуры</p> <p>Разработка методов и принципов интеграции и координации стратегического управления развитием единой транспортной системы на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях</p> <p>Подготовка научно обоснованных предложений по интегрирующей генеральной схеме сбалансированного развития транспортной сети на региональном, межрегиональном и федеральном уровнях с учетом увеличения пропускной способности и скоростных параметров инфраструктуры, создания резервов транспортной сети в районах промышленного освоения, схемы комплексного развития транспортных коридоров и узлов, а также транспортно-логистической системы в увязке с размещением таможенной инфраструктуры</p>
<p>Исследовательские модели для изучения транспортной ситуации в арктической и субарктической зонах, а также перспективные технические решения, материалы и технологии строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры в этих зонах</p>		<p>Формирование моделей и методов оценки влияния низких температур на долговечность и надежность транспортных сооружений в северной климатической зоне и условиях вечной мерзлоты</p> <p>Разработка материалов и технологий строительства железных и автомобильных дорог в северной климатической зоне и условиях вечной мерзлоты</p> <p>Разработка методов и математических моделей исследования несущей способности новых конструктивных форм транспортных искусственных сооружений, принципов и моделей эффективного контроля качества объектов инфраструктуры с применением интеллектуальных систем мониторинга и оценки их состояния</p> <p>Разработка методов оценки влияния низких температур на долговечность и надежность транспортных сооружений</p> <p>Математическое моделирование формирования покрытия на заснеженных дорогах</p> <p>Разработка и обоснование эффективности конструктивных форм транспортных сооружений с применением новых строительных материалов, несущих элементов строительных конструкций, технологий строительства</p> <p>Разработка технологий получения быстротвердеющих, долговечных и высокопрочных материалов на основе наноструктурированных комплексных добавок, композиционных и геосинтетических материалов для строительства, ремонта автомобильных и железных дорог</p>



(окончание)


Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Создание новых средств и систем интеллектуального освещения автодорог</p> <p>Экспериментальная отработка и оценка экономически эффективных инновационных технологий строительства и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры</p> <p>Создание новых технических средств и автоматизированных систем контроля состояния железнодорожных путей и покрытия автомобильных дорог, учета трафика автотранспорта, разработка проекта эффективной системы контроля и управления содержанием объектов транспортной инфраструктуры</p>

6.3.2. Повышение безопасности и экологичности транспортных систем

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- система мониторинга экологической, технической и технологической безопасности транспортной системы, обеспечивающая формирование интегральных аналитических оценок уровня технологической безопасности и вредного воздействия транспорта на окружающую среду по видам транспорта и транспортных средств в территориальном разрезе;
- единая государственная многоуровневая система обеспечения технической и технологической безопасности на транспорте, осуществляющая поддержку управления действиями федеральных органов исполнительной власти различных уровней и транспортных предприятий различных форм собственности, а также реализации комплекса мер, направленных на снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду.

Табл. 6.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Повышение безопасности и экологичности транспортных систем»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии обеспечения существенного снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду		<p>Разработка методов оценки уровня вредного воздействия транспорта на окружающую среду, идентификации источников и прогнозирования его последствий</p> <p>Разработка эффективных процедур мониторинга и статистического анализа воздействия транспорта на окружающую среду, в том числе определение оптимальной дислокации точек сбора экологической информации на транспортной инфраструктуре</p>
Перспективные технологии обеспечения безопасного движения (судоходства, полетов) в сложных и неблагоприятных условиях		<p>Разработка методов оценки отдельных параметров и интегрального уровня технологической безопасности по видам транспорта и транспортных средств в территориальном разрезе на основе методов теории надежности</p> <p>Разработка эффективных процедур надзора и контроля параметров технологической безопасности по видам транспорта и транспортных средств в территориальном разрезе</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследование методов обеспечения безопасности транспортных процессов, предотвращения несанкционированного доступа к объектам транспорта и транспортной инфраструктуры</p> <p>Разработка и внедрение методов обеспечения безопасности с использованием современных информационных технологий, систем управления и связи, достижений в области медицины катастроф, физиологии и психологии человека</p> <p>Разработка специализированных тренажеров и методик обучения для персонала транспортных и космических систем</p> <p>Разработка эффективных методов планирования процедур технического обслуживания и ремонта объектов транспорта и транспортной инфраструктуры с целью обеспечения заданного уровня их технической и технологической безопасности</p>

6.3.3. Перспективные транспортные и космические системы

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- интеллектуальные, а также высокоскоростные транспортные системы, авиационные, ракетно-космические, в том числе суборбитальные системы.

Табл. 6.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Перспективные транспортные и космические системы»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные транспортные средства		<p>Разработка технологии производства автомобилей с комбинированными энергоустановками, в том числе с использованием комплексных систем моделирования и испытаний</p> <p>Совершенствование двигателя и подвижного состава высокоскоростного транспорта, работающего на принципе магнитной левитации, в основе которой лежит эффект сверхпроводимости, путем использования наноматериалов с высокой электропроводимостью</p> <p>Разработка технологий автономного управления левитируемыми транспортными средствами для обеспечения высокой скорости движения</p> <p>Создание высокоскоростных транспортных средств на основе новых физических принципов (магнитной левитации, беспроводной передачи энергии, аэродинамического экрана, сверхъемких накопителей энергии, сверхпроводимости и т.д.)</p> <p>Разработка технологий высокоточного управления с использованием системы ГЛОНАСС для транспортных средств со скоростями движения свыше 300 км/ч</p> <p>Формирование принципов мониторинга состояния транспортной техники и управления критически важными объектами в режиме реального времени с использованием методов искусственного интеллекта</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка технологий изготовления крупногабаритных прессованных и штампованных полуфабрикатов из высокопрочных, коррозионностойких алюминиевых сплавов</p> <p>Развитие систем, обеспечивающих технологическую подготовку производства сложных технических изделий в едином информационном пространстве</p> <p>Разработка технологий естественной/гибридной ламинаризации, звукопоглощающих конструкций нового поколения, новых автоматических систем управления с однозвенным экипажем, а также технологий неразрушающего контроля планера и систем летательного аппарата</p> <p>Совершенствование бортовых двигательных и энергетических установок и систем аккумулирования энергии космических аппаратов, в том числе для обеспечения непрерывной работы кластера космических аппаратов</p> <p>Разработка технологий создания двигателей для транспортных средств и систем: гибридных силовых установок; линейного тягового электропривода; двигателей на сжатом природном газе, сжиженном нефтяном газе, криогенном топливе и др.</p>
<p>Кластеры малоразмерных космических аппаратов (микро-, нано- и пикоспутников) для дистанционного зондирования Земли, развертывание широкополосных телекоммуникационных систем и управление движением транспортных средств</p>		<p>Разработка технологий наземной отработки малых и сверхмалых космических аппаратов, обеспечивающих снижение временных и финансовых затрат</p> <p>Производство специализированных энергоустановок на базе солнечных элементов для малых и сверхмалых космических аппаратов</p> <p>Создание схем управления работой сверхмалых аппаратов на базе технологии «система на кристалле»</p> <p>Разработка ключевых технологий создания и совершенствования конструкций малых и сверхмалых космических аппаратов (микро-, нано-, пикоспутников) на базе перспективных телекоммуникационных технологий и нанoeлектронной компонентной базы</p> <p>Применение композиционных материалов для создания основных конструктивных элементов малоразмерного аппарата, создание методологии проектирования платформ малых и сверхмалых космических аппаратов, разработка принципов их групповой работы (кластерный запуск)</p>
<p>Перспективные средства выведения: многоразовые ракетно-космические системы; космические транспортные системы, в том числе с использованием ядерной энергетики; воздушно-космические летательные аппараты для запуска суборбитальных малоразмерных космических спутников</p>		<p>Разработка технологий производства элементов конструкции ракет-носителей и разгонных блоков (баков, баллонов, ферм, рам, корпусов, обтекателей, элементов тепловой защиты), в том числе из композиционных наноматериалов</p> <p>Разработка технологии создания двигателей многоразового использования, электроракетных двигателей большой мощности</p> <p>Разработка камер сгорания, проточных трактов, воздухозаборников, двигателей летательных аппаратов из новых конструктивных и композиционных материалов</p>
<p>Системы беспроводной передачи энергии на транспортные и космические средства</p>		<p>Исследование методов беспроводной передачи энергии на высокоскоростной подвижной состав, включая электромобили</p> <p>Исследование новых типов источников питания и аккумулирования энергии на основе новых материалов, включая наноматериалы</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Системы высокоточной автономной посадки летательных и спускаемых аппаратов, навигации и маневрирования наземных и водных транспортных средств</p>		<p>Создание интеллектуальных систем управления транспортными средствами и использования воздушного пространства, а также организации и безопасности полетов на предельно малых и малых высотах, ориентированных на массовое применение транспортных средств</p> <p>Обеспечение управления движением высокоскоростных транспортных средств с использованием системы ГЛОНАСС, а также наземных систем позиционирования, обеспечивающих высокую точность определения местоположения</p> <p>Создание систем прецизионного позиционирования для приложений комбинированной и виртуальной реальности</p> <p>Расширение использования системы ГЛОНАСС для создания новых технологий автоматизированного контроля движения транспорта и оперативного управления им</p> <p>Разработка системы управления движением отделяемых частей ракет-носителей и планирующих крылатых летательных аппаратов, обеспечивающих их высокоточное наведение, с использованием элементов искусственного интеллекта</p> <p>Создание универсальных интегрированных навигационных систем на основе микромеханических чувствительных элементов и аппаратуры спутниковой навигации</p> <p>Исследования в области управления обтеканием и шумом летательного аппарата, альтернативных видов топлива, полной автоматизации полета в системе управления воздушным движением с четырехмерной навигацией, а также интеллектуальных материалов и конструкций</p>
<p>Сверхдлинные гибкие элементы для создания статических и динамических космических тросовых систем большой протяженности и «космического лифта»</p>		<p>Разработка ключевых технологий создания и совершенствования конструкций из перспективных неметаллических композиционных материалов</p> <p>Разработка конструкционных и композиционных материалов и покрытий, устойчивых к различным климатическим и температурным условиям</p> <p>Разработка новых технологий и современного автоматизированного оборудования для производства углеродных волокон с повышенными характеристиками, в том числе высокопрочных и высоко-модульных, обеспечивающих создание и серийное производство углеродных композиционных материалов и изделий из них</p>
<p>Перспективные материалы для экстремальных условий космического полета, высокоскоростного перемещения в наземной и водной средах</p>		<p>Разработка и исследование новых конструкционных и композиционных материалов для транспортных систем на основе нанотехнологий, органического и неорганического синтеза, металлургии и термической обработки</p> <p>Разработка перспективных технологий изготовления конструкций из новых материалов и покрытий, а также методики проведения испытаний и применения материалов и покрытий</p> <p>Производство новых элементов пути для обеспечения высокоскоростного движения</p> <p>Разработка технологии комплексных испытаний новых материалов и покрытий с определением их функциональных свойств при воспроизведении объектовых уровней теплосиловых и теплоэрозийных нагрузок</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка методик комплексного внедрения в базовые конструктивные элементы перспективных конструкционных и композиционных материалов, обеспечивающих повышение энергетических характеристик и экономических показателей транспортной техники</p> <p>Исследование возможности применения новых видов топлива, функциональных узлов и элементов, полученных с использованием нанотехнологий</p>
<p>Процессы, характерные для эксплуатации перспективных транспортных и космических средств</p>		<p>Поисковые исследования в области аэрогидродинамики, динамики полета, аэроакустики, прочности и альтернативных источников энергии</p> <p>Разработка технологий ухода за эксплуатируемыми композиционными материалами</p> <p>Создание высокоэффективных малогабаритных судовых энергетических установок, электроэнергетических и общесудовых систем, основанных на новых принципах генерации, хранения и преобразования энергии, а также высокоэффективных средств и систем обеспечения эксплуатационной безопасности и живучести кораблей и судов, в том числе судового радиоэлектронного оборудования нового поколения, на основе нанотехнологий</p> <p>Разработка высокоавтоматизированных интеллектуальных адаптируемых систем проектирования и промышленного производства на всех этапах технологического цикла изготовления кораблей, судов и других компонентов водных транспортных систем</p> <p>Определение оптимальной структуры и набора средств в составе распределенной системы для непрерывного контроля и управления космической группировкой в режиме реального времени</p>
<p>Виртуальное проектирование, моделирование и оптимизация перспективных транспортных систем и их элементов с применением суперкомпьютерных средств экзафлопсного уровня и grid-технологий</p>		<p>Разработка технологий моделирования конструкций и узлов космических аппаратов, в том числе сверхмалых</p> <p>Создание моделей транспортных средств индивидуального пользования пассажирского назначения, совмещающих функции летательного аппарата с вертикальным взлетом и городского смарт-кара</p> <p>Разработка методов проектирования с использованием высокоточного математического моделирования</p> <p>Разработка способов неразрушающего контроля материалов и элементов машиностроительных конструкций на основе сочетания методов компьютерного моделирования тепловых процессов и задач механики деформируемого твердого тела с учетом нелинейных и нестационарных тепловых воздействий и кинетики структурообразования, а также новейших достижений в области получения информации о структурном и напряженно-деформированном состоянии объекта неразрушающими методами</p> <p>Создание интеллектуальных систем мониторинга, оценки ресурсов и прогнозирования состояния элементов конструкций в процессе эксплуатации, а также оснащение ими транспортных средств нового поколения</p>



7 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1. Вызовы и окна возможностей

Состояние энергетической отрасли в значительной степени определяет конкурентоспособность экономики, уровень развития общества и качество окружающей среды. В России необходимость обеспечения долгосрочного устойчивого и эффективного развития энергетики обусловлена ее ведущей ролью в экспорте и наполнении доходной части бюджета. Отрасль характеризуется высокой инерционностью, длительным инвестиционным циклом, крупными финансовыми и временными затратами на разработку новых технологий, междисциплинарным характером научных исследований. К тому же здесь практически всегда существуют несколько возможных направлений научно-технологического развития, и неверный либо неоптимальный выбор чреват крупными экономическими потерями и усилением отставания от передовых стран.

Важными условиями формирования постиндустриальной энергетики являются опережающий рост секторов и производств, отличающихся низкой энергоемкостью; использование широкого спектра источников энергии; локализация производства и его приближение к потребителю; внедрение крупномасштабных проектов повышения энергоэффективности; распространение интеллектуальных энергетических сетей и энергоинформационных систем.

На рис. 7.1 представлены вызовы и окна возможностей, формирующие будущий облик приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение» под влиянием долгосрочных трендов глобального развития.

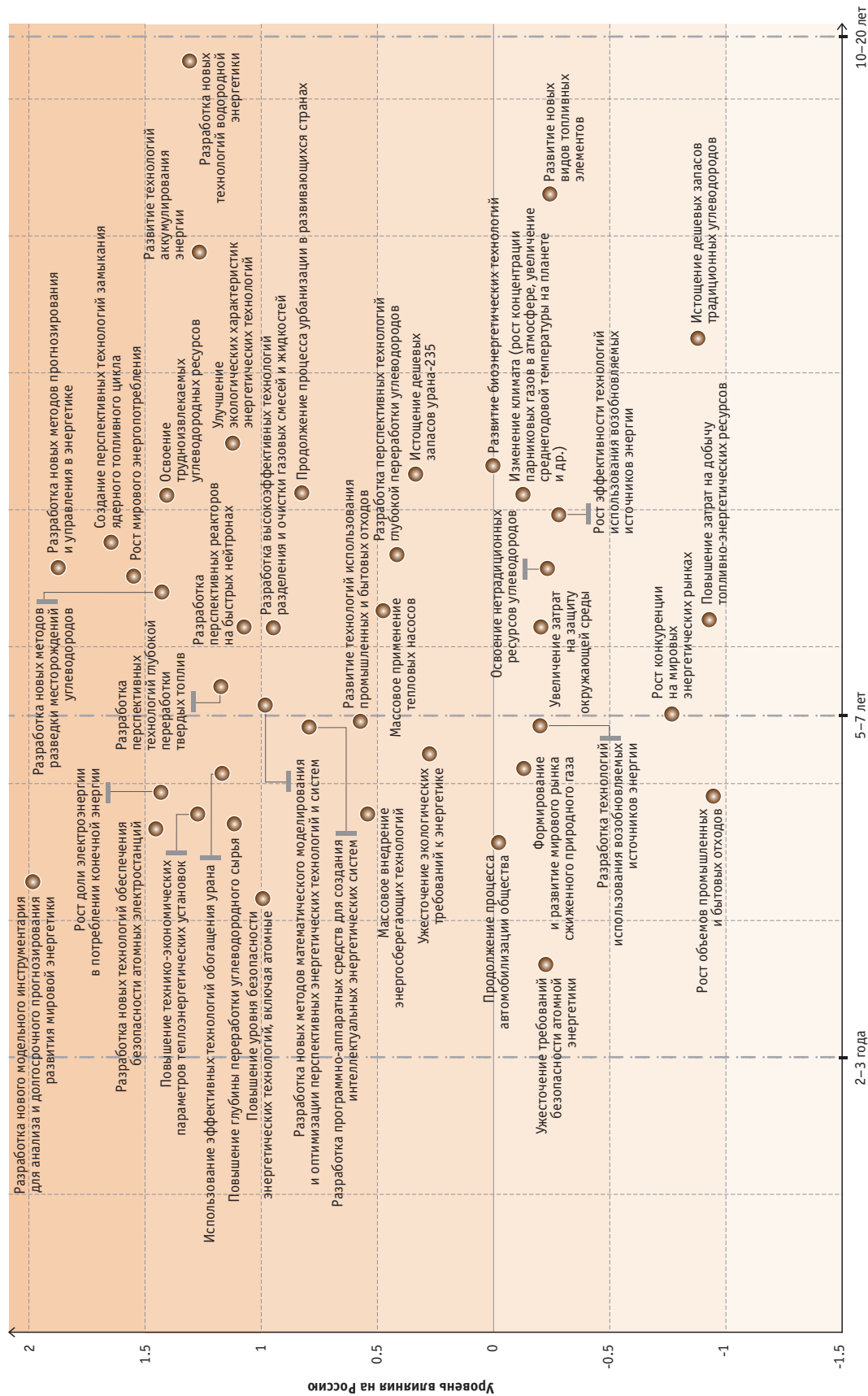
Истощение запасов традиционных углеводородов в стране связано с тем, что значительная часть разведанных за последние 20 лет мировых нефтяных резервов находится в труднодоступных местах; это определяет высокую ресурсо- и энергоемкость их освоения и создания соответствующей инфраструктуры. Через 40–50 лет мир столкнется с *исчерпанием мировых запасов изотопа урана-235* (с учетом низкой рентабельности добычи на некоторых крупных месторождениях возможный срок их исчерпания составляет 20 лет). В связи с этим в среднесрочной перспективе ожидается рост себестоимости добычи топливно-энергетических ресурсов и освоение нетрадиционных источников энергии. Следует также ожидать повышения глубины и качества переработки углеводородного сырья, что позволит снизить масштабы негативного воздействия на природную среду за счет производства более экологически чистых нефтепродуктов (при возможном одновременном росте затрат на переработку).

Ужесточение экологических требований к энергетике и проблемы, связанные с *изменением климата*, – увеличение среднегодовой температуры на планете; изменения количества осадков, состояния ледников; повышение уровня моря и риск экстремальных погодных явлений (дальнейшее обострение этих проблем ожидается в среднесрочном периоде), – ставят перед Россией задачу приведения национального законодательства в области энергетики в соответствие с новыми реалиями и международной практикой, а также реализации прочих мер экономического и институционального характера, направленных на экологически ориентированное развитие.

Россия может участвовать в формировании *глобального рынка сжиженного природного газа* и его распространения в те страны, куда ранее доставка газа была невозможна. При-



Рис. 7.1. Энергоэффективность и энергосбережение: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



родный газ рассматривается в качестве удачной альтернативы в странах, отказавшихся от ядерной энергетики, и дополняющим топливом для государств, планирующих делать ставку на возобновляемые источники энергии. Замещение нефти и угля природным газом позитивно скажется на состоянии окружающей среды: газ является наиболее «чистым» ископаемым топливом, при его сжигании в атмосферу выделяется гораздо меньшее количество CO_2 . Однако особенности географического расположения российских запасов таковы, что обеспечить серьезные (сравнимые с Австралией или Катаром) позиции на этом рынке представляется крайне сложным.

Развитие технологий возобновляемой энергетики – вызов для России, ориентированной на использование традиционных источников. Масштабное применение возобновляемых источников вызовет необходимость их дополнения системами аккумулирования энергии, а также «гибкой» гидро- и газовой генерацией, способными обеспечить резервное дублирование в отсутствие подходящих условий для производства электроэнергии из возобновляемых источников. Кроме того, последние сами по себе уже породили многомиллиардный рынок оборудования. Продолжается разработка решений, направленных на повышение их экономической и технологической эффективности, что приведет к серьезному увеличению объемов их использования уже в среднесрочном периоде. При этом масштабного развития отдельных технологических направлений (например, топливных элементов на различных видах топлива) следует ожидать только ближе к 2030 г.

Использование промышленных и бытовых отходов, рост объемов которых в мире продолжится, открывает для России возможность существенного сокращения вредных выбросов и снижения потребления более дорогого топлива во многих отраслях экономики (металлургии, производстве цемента и др.). Для обеспечения высокой степени замещения топлива промышленными и бытовыми отходами (а в некоторых случаях возможно полное замещение) требуется создание систем обработки и контроля сырья, направленных на достижение гомогенных значений теплотворных характеристик. Следует отметить, что в среднесрочной перспективе предполагается улучшение экологических показателей всех энергетических технологий.

Внедрение энергосберегающих технологий будет активно развиваться уже в краткосрочной перспективе. Их применение в России может снизить нагрузку на экономику за счет уменьшения энергоемкости и себестоимости продукции, укрепить финансовую устойчивость жилищно-коммунального хозяйства и привести к улучшению экологической ситуации вследствие сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу и других вредных загрязнений. К важным факторам повышения уровня энергосбережения относится развитие технологий, предназначенных для хранения электрической и тепловой энергии. С увеличением КПД и срока службы, сокращением производственных и эксплуатационных затрат и снижением потребности в пассивной мощности накопителя энергии смогут значительно увеличить эффективность многих систем централизованной и децентрализованной генерации, в том числе солнечной, атомной, ветряной, геотермальной энергетики и пр. Появление новых электрохимических источников тока, характеризующихся высокой безопасностью, большой емкостью и низкой себестоимостью, способно ускорить электрификацию транспортных систем. Особый интерес проявляется к батареям химических аккумуляторов и электрохимическим конденсаторам.

Тепловые насосы получают распространение во многих странах – членах ОЭСР и имеют высокий потенциал для модернизации отопительных систем в жилом секторе. При успешном решении вопросов сервисного обслуживания, снижения стоимости и увеличения коэффициента преобразования тепловые насосы смогут стать эффективным источником тепловой энергии.

Новые типы топливных элементов на основе водорода способны составить конкуренцию другим источникам тока. Их развитие требует сокращения издержек, формирования инфраструктуры и рынка соответствующих устройств. Существуют перспективы создания



гибридных энергетических установок мощностью более 20 МВт с КПД выше 70% на основе высокотемпературных топливных элементов. На сегодняшний день рассматриваемые технологии находятся на начальном этапе развития.

Разработка перспективных реакторов на быстрых нейтронах и перспективных технологий замыкания ядерного топливного цикла позволит многократно повысить эффективность использования ресурса ядерного топлива и заметно снизить объемы радиоактивных отходов.

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

- низкий уровень извлечения и глубина переработки углеводородного сырья;
- нерациональная структура электросетевого хозяйства и генерирующих мощностей;
- низкие объемы энергосбережения в сфере конечного потребления;
- технологическая отсталость и высокая степень износа оборудования;
- неразвитость энергетической инфраструктуры значительной части территории страны;
- недостаточные объемы и низкая эффективность геологоразведочных работ;
- высокий уровень монополизации отечественных энергетических рынков, разрушающий конкуренцию и создающий запретительно высокие барьеры для входа в любое звено цепочки создания стоимости;
- расположение новых месторождений в экстремальных климатических и геологических условиях.

7.2. Перспективные рынки, продукты и услуги

Перспективные рынки для продуктов и услуг в сфере энергетики могут быть рассмотрены применительно к отдельным группам энергоресурсов: природным, переработанным, преобразованным и вторичным, или побочным. Эти группы являются традиционными продуктами отраслей топливно-энергетического комплекса и некоторых других секторов экономики.

Научные исследования и разработки в энергетике направлены на увеличение эффективности добычи, переработки и передачи топлива и энергии. Наряду с инерционными процессами происходят революционные технологические изменения, которые влекут за собой появление принципиально новых технологий и радикальную трансформацию энергетических рынков.

Перспективные рынки для приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение»:

- нефть нетрадиционных месторождений и нетрадиционная нефть;
- природный газ нетрадиционных месторождений;
- сжиженный природный газ;
- альтернативные моторные топлива;
- топливные элементы;
- системы дальней передачи электроэнергии и топлива;
- аккумулялирование электроэнергии, тепла и холода;
- перспективное ядерное оборудование и атомная генерация;
- биоэнергетическое топливо;
- «умные» сети;
- оборудование для возобновляемой энергетики;
- тепловые насосы и геотермальные установки;
- высокоэффективные теплоэнергетические установки;
- энергосберегающее оборудование.

Инновационные продукты и услуги для приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение» отражены в табл. 7.1.

**Табл. 7.1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение»**

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Нефть нетрадиционных месторождений и нетрадиционная нефть	Тяжелые (менее 20° API) и сверхтяжелые (менее 10° API) нефти Нефтяные пески и битумы (менее 10° API, повышенной вязкости) Нефть, добываемая из низкопроницаемых пород (включая сланцы), и жидкие углеводороды, сопутствующие добыче сланцевого газа Нефть Баженовской свиты (включая кероген)	Более высокая себестоимость производства по сравнению с традиционной нефтью Более «грязные» технологии добычи по сравнению с традиционной нефтью Расширение объемов и географии добычи Непригодность действующих трубопроводов для транспортировки Технологии переработки находятся в зачаточной стадии
Природный газ нетрадиционных месторождений	Угольный метан Сланцевый газ Газ низкопроницаемых пород Газ глубоких горизонтов Газогидраты Водорастворенный метан	Более высокие затраты на разработку по сравнению с традиционными месторождениями газа Расширение объемов и географии добычи Необходимость использования новых методов транспортировки, в основном морским транспортом, что удорожает перевозку и ограничивает ее удельные объемы
Сжиженный природный газ*	Плавучие терминалы по регазификации (floating storage regasification unit, FRSU) Завод по сжижению газа на берегу, терминал по отправке, включающий порт, емкости для хранения сжиженного природного газа, установки для загрузки судов (метановозов) Флот метановозов Плавучие заводы по производству сжиженного природного газа (floating liquefied natural gas, FLNG)	Необходимость создания «с нуля» всей транспортной инфраструктуры Создание новых источников техногенных рисков Мобильность добычи газа на шельфе Мобильность приемки и разжижения природного газа
Альтернативные моторные топлива	Синтетическое моторное топливо из природного газа, угля или биомассы Водород для получения электроэнергии в топливных элементах, используемой для приведения в движение транспортного средства Электроэнергия, получаемая из сети, в электромобилях	Повышение техногенной и экологической безопасности хранения и эксплуатации Снижение себестоимости производства Рост надежности поставок
Топливные элементы	Топливные элементы с протонообменной мембраной / с полимерным электролитом Фосфорно-кислотные топливные элементы Топливные элементы с расплавом карбонатов Щелочные топливные элементы Твердоокисные топливные элементы Прямые метанольные топливные элементы	Увеличение эффективности преобразования химической энергии топлива в электрическую Компактность Увеличение емкости Высокая стоимость платины, используемой в качестве катализатора



(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p><i>На разных стадиях разработки находятся другие типы топливных элементов, в частности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – с прямым окислением угля – микробиологические – обратимые и др. 	
Системы дальнейшей передачи электроэнергии и топлива	<p>Технологии прикладной сверхпроводимости (высокотемпературные сверхпроводники)</p> <p>Газоизолированные линии для передачи электроэнергии большой мощности</p>	<p>Низкие потери при передаче</p> <p>Увеличение объемов транспортировки в единицу времени</p> <p>Расширение географии потребления</p>
Аккумуляция электроэнергии, тепла и холода	<p>Гидроаккумулялирующие электростанции</p> <p>Воздухоаккумулялирующие устройства</p> <p>Сверхпроводящие магнитные накопители энергии</p> <p>Электрохимические аккумуляторы</p>	<p>Увеличение времени работы и мощности аккумуляторов</p> <p>Повышение эффективности преобразования энергии</p> <p>Повышение надежности электроснабжения</p>
Перспективное ядерное оборудование и атомная генерация	<p>Энергетические ядерные реакторы на тепловых нейтронах большой мощности четвертого поколения</p> <p>Ядерные реакторы на быстрых нейтронах</p> <p>Высокотемпературные ядерные реакторы</p> <p>Реакторы малой мощности</p> <p>Инновационный ядерный реактор с водой под давлением (European Pressurised Water Reactor, EPR)</p> <p>Оптимальные системы управления энергоблоками АЭС</p> <p>Атомная теплофикация</p>	<p>Повышение техногенной и экологической безопасности</p> <p>Увеличение объемов безуглеродного производства энергии</p>
Биоэнергетическое топливо	<p>Биоэтанол</p> <p>Бюдизель</p>	<p>Снижение себестоимости производства</p> <p>Улучшение эксплуатационных характеристик</p> <p>Увеличение энергоемкости</p>
«Умные» сети	<p>Интеллектуальные сети в структуре Единой энергетической системы страны</p> <p>Интеллектуальные мини- и микросети на базе распределенной генерации</p>	<p>Более эффективная эксплуатация, оптимизация и распределение нагрузки в сети</p> <p>Снижение потребности в масштабных капитальных затратах на новые подстанции и линии электропередач</p>

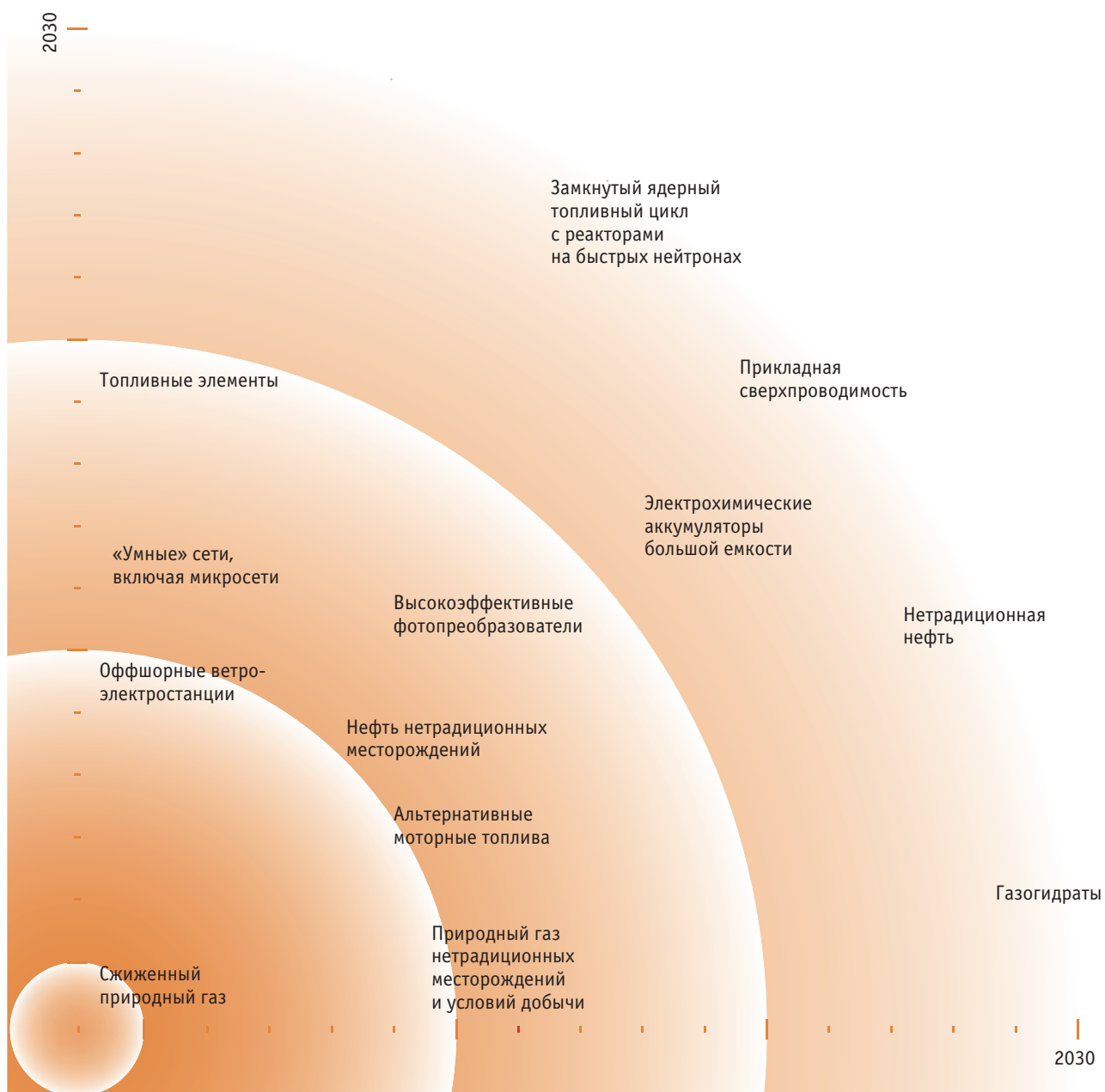
* Важным фактором выбора способа транспортировки природного газа является длина транспортного плеча. По оценкам Международного энергетического агентства, при современных производственных мощностях поставка сжиженного природного газа на расстояние свыше 2500–3000 км оказывается более эффективной, чем трубопроводный транспорт.



Среди перечисленных групп инновационных продуктов и услуг были выделены те, которые окажут радикальное влияние на мировые рынки в долгосрочной перспективе (рис. 7.2). В области энергоэффективности и энергосбережения это прежде всего:

- топлива со значительно улучшенными характеристиками и потребительскими свойствами;
- энергоресурсы, получаемые с помощью инновационных технологий или обладающие высокими потребительскими качествами и рыночным потенциалом (электроэнергия от ветроэлектрических станций, сжиженный природный газ и др.).

Рис. 7.2. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Энергоэффективность и энергосбережение»





Нефть нетрадиционных месторождений включает трудноизвлекаемые запасы углеводородного сырья, в частности ресурсы традиционной (или подвижной) нефти со сложными условиями добычи и неподвижной (или малоподвижной) нефти, обусловленные низкой проницаемостью коллекторов или высокой молекулярностью самого углеводородного сырья, – плотные и высоковязкие нефти. Однако в силу более низких потребительских качеств и высокой себестоимости извлечения запасы нефти нетрадиционных месторождений и условий добычи в целом оценены лишь приблизительно. Добыча тяжелых нефтей в настоящее время осуществляется в Канаде, Венесуэле, США и ряде других стран, включая Россию, но в соответствии с большей частью прогнозов в ближайшие два десятилетия эти продукты не будут вносить значимый вклад в мировую нефтедобычу.

Рентабельное вовлечение в разработку *нетрадиционной нефти* (тяжелых нефтей и битумов) позволяет в несколько раз увеличить ресурсную базу углеводородов. Вместе с тем добыча тяжелых нефтей относится к «грязному» производству, выбросы CO₂ многократно превышают выбросы при добыче традиционной нефти. Затраты на добычу окупаются только при высоких мировых ценах на нефть. Таким образом, тяжелые нефти становятся стратегическим резервом жидкого топлива для энергетики развитых стран в случае кризиса.

Природный газ нетрадиционных месторождений и условий добычи (сланцевый, водорастворенный, газ других низкопроницаемых пород и глубоких горизонтов, угольный метан, газовые гидраты) отличается более низким содержанием полезного компонента на единицу площади и более высокими затратами на разработку по сравнению с традиционными резервуарами. Ресурсы нетрадиционного газа оцениваются примерно в 950–1200 трлн м³ (без учета газогидратов и водорастворенного газа, увеличивающих этот показатель на порядок) и в два с лишним раза превосходят объем традиционных ресурсов.

В последние годы на мировом энергетическом рынке заметно возрастает роль *сжиженного природного газа*. Главное его преимущество заключается в возможности трансконтинентальных перевозок с помощью крупнотоннажных криогенных танкеров. Развитие технологий сжиженного природного газа оказывает существенное влияние на процессы глобализации мировых газовых рынков: появляются перспективы добычи газа в регионах, где прокладка трубопроводных систем не считается целесообразной, и ряд стран, не имеющих собственных запасов природного газа и к тому же отличающихся невыгодным географическим положением, получают возможность внедрения газового топлива и сырья в свои экономики. С развитием этих технологий связан рост доли природного газа в структуре мирового энергетического баланса за счет замещения нефти и угля, что, в свою очередь, ведет к уменьшению выбросов CO₂ в атмосферу.

В России сложились благоприятные условия для формирования и сохранения богатых ресурсов *газогидратов*. Отметим, что скопления природных гидратов метана обладают максимальными коммерческими перспективами промышленного освоения, которые ограничены в настоящее время высокой себестоимостью добычи и серьезными техногенными рисками. Создание промышленной технологии их добычи способствовало бы беспрецедентному приросту запасов газа, способному удовлетворить мировой спрос на несколько столетий вперед. Добыча метана из нового крупного месторождения газовых гидратов может кардинально изменить конфигурацию мирового рынка газа и состав игроков – как производителей, так и покупателей. Это обусловлено тем фактом, что обширными запасами гидратов метана обладают страны – импортеры природного газа (например, Япония). В России континентальные ресурсы газогидратов, наиболее перспективные для промышленного освоения, составляют, по оценкам, около 400 трлн м³ и сосредоточены в областях распространения многолетнемерзлых пород в Восточной Сибири, Тимано-Печорском и Западно-Сибирском нефтегазоносных бассейнах.

Мировой прирост электрических мощностей на ветряных электростанциях в период до 2035 г., как ожидается, составит около 860 ГВт, 20% из которых должны приходиться на высокотехнологичные морские ветроэлектростанции. Последние будут сооружаться наиболее бы-



стрыми темпами; их суммарная мощность, по оценкам экспертов, должна возрасти более чем в 40 раз, что обуславливает интерес к *оффшорным ветроэлектростанциям*. В настоящее время их доля в общей генерации электроэнергии мировой ветроэнергетикой не превышает 1.7%, большинство из них выполняют функции пилотных проектов. Распространение электростанций подобного типа позволит значительно расширить вовлекаемые в оборот ресурсы ветра и избежать ряда проблем, связанных с развитием наземной ветроэнергетики, таких как изъятие земель из хозяйственного оборота, шумовые воздействия, влияние стробоскопического эффекта и др. Оффшорный ветер является более «качественным» ресурсом для ветроэнергетики, поскольку отличается большей среднегодовой скоростью и постоянством.

Альтернативные моторные топлива направлены на удовлетворение перспективных потребностей в жидком топливе и характеризуются приемлемыми затратами, минимальным ущербом для окружающей среды и здоровья людей, повышенной надежностью поставок на внутренние рынки. В связи с ожидаемым ростом спроса на моторные топлива, которые сегодня в России составляют не менее 80–85% выпуска нефтепродуктов, этот альтернативный продукт сможет замещать все большую долю топлив, получаемых из сырой нефти. По экспертным оценкам, высока вероятность того, что после 2020 г. он составит конкуренцию традиционным топливам.

Топливные элементы также представляются перспективным направлением развития экологически чистой энергетики. Разработка таких устройств, предполагающих прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую, уже несколько десятилетий претендует на роль прорывной технологии, способной совершить революцию в энергетике. Достижения последних лет приблизили данную технологию к стадии массового коммерческого внедрения и вернули интерес к ней со стороны энергетических компаний. Рассматриваются три основных направления использования топливных элементов: стационарная энергетика (производство электроэнергии, когенерация, источники бесперебойного питания); транспортная энергетика (источники тока в автомобилях, грузовиках, военной технике, космических аппаратах и др.); портативная энергетика (источники тока в мобильных системах, зарядные устройства и т.п.). Важнейшими достоинствами топливных элементов считаются высокий КПД (60–80%) и компактность. Среди недостатков можно отметить отсутствие инфраструктуры для заправки и высокую стоимость платины, используемой в качестве катализатора.

В ближайшие годы солнечная энергетика будет базироваться преимущественно на применении различных типов *высокоэффективных фотопреобразователей*. К их ключевым преимуществам относится возможность генерации электроэнергии непосредственно конечными потребителями, что позволит экономить на развитии электрических сетей. В настоящее время идет интенсивная разработка новых перспективных фотопреобразователей с использованием полного спектра солнечного излучения, с высоким КПД и длительным ресурсом работы. Фотоэлектрические источники тока применяются для питания потребителей в широком интервале мощностей: от нескольких ватт (мини-генераторы для часов и калькуляторов) до нескольких мегаватт (электростанции). Основное применение фотоэлектрические преобразователи находят в солнечных батареях различных типов; развиваются транспортные и авиационные приложения солнечных батарей.

Электрохимические аккумуляторы электроэнергии (аккумуляторные батареи) получили широкое распространение во многих областях, прежде всего для питания мобильных устройств и на транспорте, а также в качестве стационарных установок – для обеспечения бесперебойного питания ответственных устройств (связи, вычислительной техники и др.). *Электрохимические аккумуляторы большой емкости*, используемые в энергетике для относительно длительного хранения электрической энергии, могут играть важную роль в системах распределенной генерации для обеспечения оперативного резерва, стабилизации электрофизических параметров локальной электроэнергетической системы, в том числе регулирования частоты и напряжения. Применение электрохимических аккумуляторов нового поколения позволит усилить конкурентоспособность возобновляемой энергетики и реализовать на практике концепцию распределенной генерации – увеличить загрузку и эффек-



тивность работы традиционных электрогенерирующих установок за счет возможности аккумуляции энергии, повысить качество электроснабжения конечных потребителей, сократить потери электроэнергии в электрических сетях, уменьшить затраты на развитие и эксплуатацию магистральных электрических сетей, аккумулировать электроэнергию и создавать оперативный резерв мощности непосредственно у потребителей.

Разработка «умных» сетей, включая микросети, нацелена на снижение стоимости электроэнергии и создание резерва мощности у конечных потребителей. Результатом дальнейшего совершенствования этой технологии должно стать повышение надежности и безопасности электроснабжения, уровня автоматизации технологических процессов, внедрение цифровых технологий и микропроцессорной техники в системы мониторинга и управления, сокращение эксплуатационных затрат. Спрос на рассматриваемые технологии и оборудование в России достаточно высок, что объясняется необходимостью масштабного обновления отечественной электроэнергетики. Рост мировой потребности в электротехническом оборудовании порождает здесь высокий экспортный потенциал.

Одно из ограничений современной атомной энергетики с открытым ядерным топливным циклом и реакторами на тепловых нейтронах – значительное и постоянно нарастающее количество хранимого облученного ядерного топлива. Кроме того, эти технологии не позволяют в полной мере использовать запасенную в ядерных энергоресурсах энергию, поскольку более 90% добытого урана остается в отвалах обогатительного производства, а эффективность использования топлива в реакторах с водяным теплоносителем невысока. Комплексное решение существующих проблем возможно путем концентрации усилий и ресурсов на создании ядерных энерготехнологий нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным топливным циклом. Это пакет связанных технологических решений, способных обеспечить расширенное воспроизводство делящегося ядерного материала одновременно с выработкой электроэнергии при минимизации радиологической нагрузки на окружающую среду на всех технологических переделах и тем самым оказать революционное воздействие на мировой атомный рынок. Дополнительной полезной опцией замкнутого ядерного топливного цикла является возможность использования реакторов на быстрых нейтронах для решения исторически унаследованной проблемы накопления отработанного ядерного топлива. Рассматриваемая инновационная технология принципиально отличается от существующих отсутствием двух ключевых затратных технологических переделов – добычи урана и его обогащения – и наличием нового передела – многократной рефабрикации ядерного топлива, что сочетается с иммобилизацией и окончательной изоляцией высокоактивных отходов.

В качестве одного из наиболее перспективных инновационных направлений повышения энергоэффективности рассматриваются технологии прикладной сверхпроводимости, а именно комплексная разработка и создание производств широкого спектра электротехнического оборудования на основе новейших решений, связанных с применением уникальных материалов – высокотемпературных сверхпроводников. В сфере коммерческой энергетики особенно привлекательно использование сверхпроводников для создания кабелей и силовой электротехники и хранения электроэнергии (индукционных накопителей). Сверхпроводниковые кабели за счет сверхмалых потерь энергии дают возможность вывести на более высокий уровень энергоэффективность сетевого хозяйства, создавая принципиально новые условия для размещения объектов генерации и экспорта электроэнергии. Технологии сверхпроводникового хранения энергии обеспечат сглаживание пиковых нагрузок, выравнивание напряжения и силы тока, компенсирующие поставки электричества в условиях аварий в сетях, что позволяет нивелировать вариативный характер альтернативной генерации. Электротехническое оборудование и силовые установки на основе эффекта сверхпроводимости призваны повысить показатели эффективности на железнодорожном и морском транспорте, в энергетике, нефтегазовой отрасли, обрабатывающей промышленности и др. Максимальный результат может быть достигнут при их сочетании с технологией smart grid. Отечественные разработки высокотемпературных сверхпроводников находятся на разных



стадиях – от фундаментальных исследований до эксплуатационных испытаний прототипов отдельных видов оборудования. Прогнозы динамики российского рынка сверхпроводникового электроэнергетического оборудования весьма оптимистичны и отражают его высокий потенциал и возможность долговременного развития. Ожидается, что объем производства различных видов оборудования (накопителей (5–20 МДж), токоограничителей (3–35 кВ), генераторов (5–35 МВт), электродвигателей (5–35 МВт), синхронных компенсаторов (5–35 МВт), кабелей (1 км, 20 кВ, 2 кА), трансформаторов и др.) составит к 2020 г. 36.5 млрд руб.

Рассмотренные направления будут способствовать радикальной трансформации традиционных рынков и создадут возможности для зарождения новых. Среди перспективных и привлекательных для России сегментов эксперты отметили: аккумулирование электроэнергии, тепла и холода; рынки нетрадиционной нефти; сферу продаж оборудования для возобновляемой энергетики, топливных элементов, биоэнергетических технологий.

Для продуктов, способных оказать радикальное влияние на динамику мировых рынков в долгосрочной перспективе, были выявлены основные отечественные и зарубежные центры, осуществляющие научные исследования и разработки в данном направлении. К числу лидеров относятся организации из США, стран ЕС (в первую очередь Франции, Германии, Великобритании и Норвегии), Китая и Японии.

7.3. Перспективные направления научных исследований

Рассмотрев ключевые перспективные рынки для приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение», а также выделенные для каждого из них инновационные продукты и услуги, которые появятся в период до 2030 г., перейдем к анализу имеющихся отечественных научно-технологических заделов. Экспертами были выделены 14 тематических областей прикладных исследований, обладающих наибольшим потенциалом для России (рис. 7.3).

В сфере получения ископаемых топлив наиболее актуальны исследования, связанные с созданием роботизированных комплексов для подводной добычи углеводородов и подземной добычи угля с длительным ресурсом работы в автоматическом режиме и дистанционным управлением; разработкой технологий экономически эффективной добычи углеводородного сырья из нетрадиционных месторождений (включая газовые гидраты, нефтяные пески, высоковязкие нефти, газ угольных пластов) и при аномальных условиях (плотные формации, в том числе сланцевые, аномально высокие давления, глубокие и сверхглубокие горизонты, низкая объемная плотность ресурсов и др.). Активно совершенствуются технологии глубокой переработки некондиционных ресурсов природных газов и низкокачественных углей в конкурентоспособные моторные топлива и химические продукты.

Теплоэнергетика будет развиваться в направлении разработки материалов и технологий для создания высокоманевренных газотурбинных установок большой мощности с предельным КПД и минимальными выбросами вредных веществ, которые в перспективе составят основу крупной энергетики. Продолжаются интенсивные исследования безопасных ядерных реакторов на быстрых нейтронах и безопасного замкнутого ядерного цикла – важного элемента централизованного электроснабжения. Прогресс в области энергетики малых мощностей связан с созданием низкотемпературных топливных элементов предельно высокой эффективности с длительным ресурсом работы, не предъявляющих специальных требований к качеству топлива и характеризующихся низкой стоимостью приобретения и владения.

Что касается возобновляемой энергетики, то здесь научные исследования ведутся чрезвычайно широким фронтом: это и проектирование дешевых фотопреобразователей с предельно высоким КПД и длительным ресурсом работы, использующих полный спектр солнечного излучения; и разработка технологий для морской ветроэнергетики больших мощностей, обеспечивающих надежное функционирование установок на значительных глубинах и вдали от берега;



Рис. 7.3. Тематические области приоритетного направления «Энергоэффективность и энергосбережение»



и создание высокоэффективных методов получения водорода путем фотохимического и электролитического разложения воды. В сфере распределенной электрогенерации на базе возобновляемых источников энергии решающее значение приобретают технологии аккумулирования электроэнергии большой емкости и мощности с невысокой стоимостью. Особое место принадлежит биоэнергетике, претендующей на роль нового сегмента отрасли, развивающегося с учетом потребностей охраны окружающей среды и предотвращения изменения климата.

Разработка энергосберегающих технологий и оборудования остается в числе основных направлений развития энергетики. Новый импульс решению проблемы энергосбережения должны придать исследования, направленные на создание интеллектуальных локальных электроэнергетических систем с автоматическим управлением электропотреблением, работающих в режиме реального времени на основе интеграции электрических и информационных сетей.

Экспертные оценки уровня исследований, осуществляемых в России в области энергоэффективности и энергосбережения, варьируются достаточно сильно: от «белых пятен» по таким направлениям, как газификация твердых топлив нового поколения и технологии и средства дистанционного управления энергетическим оборудованием, до признания существенных заделов, сопоставимых с разработками мирового уровня (в частности, в сфере безопасных ядерных реакторов на быстрых нейтронах и технологий добычи некоторых видов нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья).



7.3.1. Эффективная разведка и добыча ископаемых топлив

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные экологически безопасные технологии разведки и добычи ископаемых топлив, обеспечивающие высокий коэффициент извлечения ресурсов.

Табл. 7.2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективная разведка и добыча ископаемых топлив»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии сейсморазведки		<p>Разработка технологий разведки месторождений углеводородов в формате 4D с высоким разрешением и визуализацией результатов</p> <p>Разработка технологий разведки морских месторождений углеводородов в формате 3D/4D с применением подводных автономных самонаводящихся аппаратов и GPS/ГЛОНАСС навигации, в том числе для полярных условий</p> <p>Создание датчиков и многоканальных приемных устройств для подводной разведки месторождений углеводородов</p> <p>Разработка программного обеспечения для сбора и анализа больших массивов информации геологоразведки с использованием суперкомпьютеров</p>
Перспективные технологии добычи нефти и газа		<p>Разработка концепции интеллектуального месторождения углеводородов и необходимых технических средств для ее реализации</p> <p>Создание подводных роботизированных добычных комплексов с длительным ресурсом работы в автоматическом режиме и дистанционным управлением</p> <p>Создание технических средств для непрерывного мониторинга состояния коллекторов нефтегазовых месторождений с высокой степенью разрешения и компьютерной обработки получаемой информации с 4D-визуализацией получаемых результатов</p> <p>Разработка технологий для создания ледостойких и сейсмически устойчивых платформ для добычи углеводородов в арктических условиях</p> <p>Разработка технологий бурения скважин, вторичного вскрытия продуктивных пластов, в том числе низкой проницаемости, новых типов буровых растворов, включая полимерные</p> <p>Разработка новых вторичных и третичных методов интенсификации извлечения углеводородного сырья, в том числе высокой вязкости</p> <p>Разработка технологий добычи углеводородного сырья из нетрадиционных месторождений (газовые гидраты, нефтяные пески, высоковязкие нефти, сланцевый газ, газ угольных пластов и др.) и для аномальных условий (плотные формации, аномально высокие давления, глубокие и сверхглубокие горизонты, низкая объемная плотность ресурсов и др.)</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии добычи угля		<p>Разработка новых технологий геологоразведки угольных месторождений, методов математического моделирования геофизического состояния горных выработок и нового программного обеспечения</p> <p>Разработка роботизированных технологий подземной добычи угля с высокой селективностью</p> <p>Разработка скважинных технологий извлечения угля, включая подземную газификацию и гидродобычу</p> <p>Разработка эффективных технологий дегазации угольных пластов с получением угольного метана</p> <p>Разработка приборного парка для обеспечения эффективного и безопасного ведения горных работ, включая шахтные георадары, приборы непрерывного химического мониторинга атмосферы шахтных выработок и др.</p>

7.3.2. Эффективная и экологически чистая теплоэнергетика

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новое поколение теплоэнергетических установок на органических топливах, созданных с учетом требований охраны окружающей среды и предотвращения изменения климата, со значениями КПД, близкими к предельным, и высокими эксплуатационными характеристиками.

Табл. 7.3. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективная и экологически чистая теплоэнергетика»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные теплоэнергетические установки на природном газе с высокими эксплуатационными свойствами		<p>Выбор оптимальных тепловых схем и параметров теплоэнергетических установок на природном газе со сложными термодинамическими циклами и высокими начальными параметрами рабочего тела</p> <p>Разработка газотурбинных установок большой мощности с высокими маневренными свойствами и минимальным уровнем образования вредных веществ</p> <p>Разработка решений в области газовых турбин средней и малой мощности, в том числе высокооборотных, для использования в составе когенерационных установок</p> <p>Создание эффективных систем автоматического управления процессами и мощностью сложных теплоэнергетических установок на природном газе</p>



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Высокоэффективные теплоэнергетические установки на твердом топливе, безопасные для окружающей среды и климата		Разработка перспективных паротурбинных установок с высокими параметрами пара (720–750 °С, 35 МПа) на твердом топливе
		Разработка парогазовых установок с внутрицикловой газификацией твердого топлива
		Разработка новых высокоэффективных и надежных технологий газификации твердого топлива
		Разработка гибридных энергоустановок, интегрирующих топливные элементы на продуктах газификации твердого топлива с газовым и паровым циклами
		Создание эффективных систем автоматического управления процессами и мощностью теплоэнергетических установок на твердом топливе, включая алгоритмы и методы диагностирования состояния и ресурса оборудования, водно-химического режима и технико-экономических показателей
Перспективные теплоэнергетические установки с низкотемпературным циклом		Разработка новых типов теплоэнергетических установок с низкотемпературным циклом, оптимизация их технологических схем и параметров
		Выбор перспективных рабочих тел для теплоэнергетических установок с низкотемпературным циклом Ренкина, обоснование оптимальных технических решений по основному оборудованию
Новые типы электрогенерирующих установок на основе поршневых технологий		Разработка новых типов двигателей внешнего сгорания для производства электроэнергии на основе низкокачественных топлив
		Разработка новых типов двигателей внутреннего сгорания для стационарных когенерационных установок, в том числе на продуктах газификации твердого топлива
		Разработка новых типов паровых двигателей для когенерационных установок
Новые технологии прямого преобразования химической энергии органических топлив в электрическую с высоким КПД и длительным ресурсом работы		Разработка новых типов низкотемпературных топливных элементов высокой эффективности с минимальными требованиями к качеству топлива
		Разработка новых типов высокотемпературных топливных элементов с предельной эффективностью
		Разработка новых типов топливных элементов с прямым окислением органических топлив



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые технологии экологически чистого сжигания органических топлив и горючих отходов		<p>Разработка новых технологий сжигания органических топлив с минимальным образованием вредных веществ</p> <p>Разработка экологически безопасных технологий сжигания горючих отходов, включая бытовые, в том числе по многоступенчатой схеме с предварительной газификацией, в частности плазменной</p> <p>Исследование процессов каталитического окисления органических топлив в различном агрегатном состоянии</p> <p>Разработка научно-технических предложений по созданию технологий окисления органических топлив в химических циклах</p>
Высокоэффективные технологии разделения и очистки газовых смесей и жидкостей для перспективных энергетических и энерготехнологических установок		<p>Разработка высокоэффективных технологий очистки дымовых газов от оксидов серы, оксидов азота и твердых частиц</p> <p>Разработка эффективных технологий выделения CO₂ из дымовых газов и генераторного газа</p> <p>Разработка технологий комплексной очистки дымовых газов установок по сжиганию горючих отходов от вредных веществ, включая тяжелые металлы, полиароматические углеводороды и др.</p> <p>Разработка эффективных технологий разделения воздуха для применения в перспективных энергоустановках</p> <p>Разработка новых технологий очистки воды и стоков для применения в перспективных энергоустановках</p>

7.3.3. Безопасная атомная энергетика

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- безопасные атомные энергетические установки и эффективный топливный цикл.

Табл. 7.4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Безопасная атомная энергетика»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Водо-водяные энергетические реакторы большой мощности четвертого поколения		<p>Разработка технологии и оборудования для водо-водяных энергетических реакторов четвертого поколения повышенной безопасности и эффективности, способных функционировать в маневренном режиме</p> <p>Исследования, направленные на повышение КПД атомных энергоблоков за счет увеличения средней температуры цикла, оптимизации тепловой схемы АЭС, а также совершенствования основного и вспомогательного оборудования</p>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Исследования, направленные на повышение экономической эффективности АЭС за счет повышения надежности оборудования, увеличения длительности топливной кампании, снижения капиталовложений в строительство АЭС и сокращения эксплуатационных затрат</p>
<p>Реакторы на быстрых нейтронах повышенной безопасности</p>		<p>Разработка технологии и оборудования для реакторов на быстрых нейтронах различного типа повышенной безопасности</p> <p>Формирование математических моделей реакторов на быстрых нейтронах и энергоустановок на их основе</p> <p>Технико-экономическая оценка долгосрочных перспектив, масштабов и эффективности использования ядерных реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого ядерного топливного цикла</p> <p>Создание оптимальной структуры топливообеспечения ядерной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах</p> <p>Исследования, направленные на минимизацию угрозы распространения делящихся материалов</p>
<p>Высокотемпературные ядерные реакторы и сопутствующая инфраструктура их применения</p>		<p>Разработка технологии и оборудования для высокотемпературных ядерных реакторов различного типа повышенной безопасности</p> <p>Создание на базе высокотемпературных ядерных реакторов крупномасштабных энерготехнологических комплексов различного назначения</p> <p>Оценка экономической эффективности применения высокотемпературных реакторов и определение наиболее эффективных областей их использования</p>
<p>Безопасные и экономически эффективные ядерные реакторы малой и средней мощности</p>		<p>Разработка технологии и оборудования для безопасных и экономически эффективных ядерных реакторов малой и средней мощности и атомных электростанций на их основе, включая транспортабельные и плавучие АЭС</p> <p>Исследования, направленные на определение областей и экономической эффективности применения ядерных реакторов малой и средней мощности, оптимизацию логистических схем их изготовления и использования</p>
<p>Новые технологии замыкания ядерного топливного цикла</p>		<p>Разработка новых технологий производства ядерного топлива (МОХ-топливо, плотное топливо, керметное топливо, микротопливо и др.)</p> <p>Разработка новых технологий переработки облученного ядерного топлива («сухой» переработки, фракционирования и др.), совершенствование технологии его «мокрой» переработки, создание безопасной системы обращения с радиоактивными отходами</p> <p>Оптимизация технологической структуры замкнутого ядерного топливного цикла повышенной безопасности и эффективности</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Оптимизация структуры атомной энергетики в энергетическом балансе страны		<p>Определение оптимальной структуры ядерной энергетики страны, обеспечивающей ядерную, радиационную безопасность и гарантии нераспространения во всех звеньях гражданского атомного комплекса и на всех этапах жизненного цикла ядерных установок – от добычи урана до изоляции радиоактивных отходов</p> <p>Формирование оптимизационных моделей ядерно-энергетического комплекса страны и соответствующих математических методов</p>
Технологические основы управляемого термоядерного синтеза для энергетики		<p>Разработка технологии надежного ведения управляемого термоядерного синтеза в реакторе промышленного масштаба</p> <p>Разработка оборудования промышленного термоядерного реактора</p> <p>Оптимизация технологической схемы и параметров промышленной термоядерной энергетики, создание «гибридных» систем</p>

7.3.4. Эффективное использование возобновляемых видов энергии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные технологии использования возобновляемых видов энергии и создание в стране новой отрасли энергетики.

Табл. 7.5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективное использование возобновляемых видов энергии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные преобразователи солнечной энергии в электрическую		<p>Разработка фотопреобразователей с высоким КПД и длительным ресурсом работы; использование полного спектра солнечного излучения</p> <p>Создание теплоэнергетических установок на базе прямого солнечного излучения, выбор перспективных рабочих тел, оптимизация тепловой схемы и параметров солнечной электростанции</p> <p>Создание систем концентрирования солнечной энергии</p>
Перспективные солнечные коллекторы		<p>Создание солнечных коллекторов с жидким теплоносителем, выбор перспективных теплоносителей</p> <p>Создание солнечных коллекторов с газообразным теплоносителем и систем теплоснабжения на их основе</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные преобразователи энергии ветра в электрическую		<p>Разработка ветродвигателей</p> <p>Разработка технологий для морской ветроэнергетики, обеспечивающих длительную и надежную работу установок на больших глубинах и вдали от берега</p> <p>Создание систем оптимального автоматического управления режимами работы ветряных электростанций</p> <p>Исследования, направленные на повышение корректности оценок ветропотенциала и прогнозирования параметров ветра</p>
Новые технологии для гидроэнергетики		<p>Разработка высокоэффективных технологий преобразования механической энергии водного потока в электрическую</p> <p>Разработка новых технологий мониторинга состояния генерирующего оборудования гидроэлектростанций и гидротехнических сооружений</p>
Новые технологии преобразования механической энергии морской среды в электрическую		<p>Разработка технологий преобразования энергии приливов в электрическую с минимальным воздействием на окружающую среду</p> <p>Разработка технологий преобразования энергии волн в электрическую</p>
Перспективные технологии использования низкопотенциального тепла природных сред		<p>Разработка бинарных технологий использования геотермальной энергии, поиск высокоэффективных низкокипящих рабочих тел, оптимизация тепловых схем и параметров бинарных установок, минимизация отрицательного воздействия на окружающую среду</p> <p>Разработка эффективных технологий отбора тепла от сухих горных пород с больших глубин и транспортировки его на поверхность с минимальными потерями и низким гидравлическим сопротивлением</p> <p>Разработка новых экономически эффективных технологий бурения горных пород на большие глубины и увеличения их проницаемости для теплоносителя</p> <p>Создание тепловых насосов различного назначения с использованием новых рабочих тел, термодинамических циклов, технических принципов и схем</p>

7.3.5. Перспективная биоэнергетика

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные технологии производства и эффективного использования энергетической биомассы, прямого получения моторных топлив из CO₂ и создание в стране новой отрасли энергетики.



Табл. 7.6. Перспективные направления задельных исследований в тематической области «Перспективная биоэнергетика»

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии производства энергетической биомассы		<p>Разработка новых технологий выращивания агрокультур с высоким выходом биомассы и мягкими требованиями к необходимым ресурсам (качеству почв, количеству потребляемой воды и удобрений)</p> <p>Разработка новых технологий выращивания аквакультур с высоким выходом биомассы; создание высокоэффективных микроорганизмов</p> <p>Разработка технологий утилизации CO₂ электростанций с производством биомассы</p> <p>Разработка технологий производства биомассы на основе искусственного фотосинтеза</p>
Перспективные технологии переработки энергетической биомассы		<p>Разработка эффективных технологий биохимического производства биогаза из растительного сырья различного происхождения с использованием достижений биоинженерии, включая создание высокоэффективных микроорганизмов</p> <p>Разработка новых технологий производства жидких моторных топлив, включая авиакеросин, и их компонентов из растительного сырья</p> <p>Разработка новых технологий переработки биомассы с производством химических продуктов с высокой добавленной стоимостью (биопластиков и др.)</p> <p>Разработка новых технологий переработки биомассы в высококачественные твердые топлива</p>
Перспективные технологии энергетического использования биомассы		<p>Разработка технологий сжигания биомассы и энергетических установок на их основе</p> <p>Разработка экологически безопасных технологий газификации биомассы и электрогенерирующих установок на их основе</p>
Новые биотехнологии получения моторных топлив из CO ₂ без использования процесса фотосинтеза		<p>Разработка новых биохимических методов производства высококачественных моторных топлив из CO₂ без использования процесса фотосинтеза</p> <p>Создание новых видов генномодифицированных микроорганизмов, безопасных для окружающей среды, эффективно продуцирующих компоненты моторных топлив путем фиксации CO₂ из газовой смеси при внешнем подводе энергии</p>

7.3.6. Глубокая переработка органических топлив

Ожидаемые результаты задельных исследований:

- определение наиболее рациональных путей повышения эффективности использования добываемых в стране ископаемых органических топлив;



- создание соответствующего научно-технического задела для разработки передовых технологий, призванных обеспечить существенное увеличение добавленной стоимости в топливных отраслях экономики и экспортного потенциала страны.

Табл. 7.7. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Глубокая переработка органических топлив»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые технологии глубокой переработки нефти и газового конденсата		Разработка новых технологий, обеспечивающих достижение предельных значений глубины переработки углеводородного сырья при высоком качестве получаемых продуктов Оптимизация технологических схем и параметров нефтехимических производств для достижения максимальной энергетической эффективности и минимального негативного воздействия на окружающую среду
Эффективные технологии использования нефтяного попутного газа		Создание перспективного оборудования для переработки попутного газа, характеризующегося надежностью, компактностью, а также высоким уровнем автоматизации, для использования в отдаленных районах с суровыми климатическими условиями
Новые технологий глубокой переработки природного газа с производством жидких моторных топлив и широкого спектра химической продукции		Исследования, направленные на повышение комплексности использования ресурсов природного газа и глубины их трансформации Разработка новых технологий производства высококачественных моторных топлив из природного газа Разработка новых технологий производства химических продуктов (полимеров и т.д.) из природного газа
Перспективные технологии глубокой переработки твердых топлив с комплексным использованием минеральной части		Разработка новых технологий газификации твердых топлив с производством синтез-газа, выбор оптимальных параметров и конструкций основного оборудования Разработка новых технологий гидрогенизации и пиролиза твердых топлив, выбор оптимальных параметров и конструкций основного оборудования Разработка технологий производства широкого спектра продуктов из синтез-газа, выбор оптимальных параметров и конструкций основного оборудования Разработка оптимальных технологических схем энерготехнологических установок на основе глубокой переработки твердых топлив с производством высококачественных топлив, электроэнергии и химических продуктов Исследования, направленные на повышение комплексности использования потенциала твердых топлив за счет извлечения из минеральной части ценных компонентов и утилизации золы Формирование математических моделей для оптимизации технологических схем и параметров перспективных технологий переработки твердых топлив Исследование долгосрочных перспектив крупномасштабной переработки твердых органических топлив и оценка ее влияния на энергетические рынки



7.3.7. Эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные технологии аккумулирования электрической и тепловой энергии для использования в электроэнергетической и теплоснабжающей системах (для «сетевых» нужд), а также индивидуальными потребителями.

Табл. 7.8. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные системы накопления электрической энергии большой мощности и емкости, включая сезонные и суточные накопители		<p>Создание электрохимических аккумуляторов большой емкости и мощности, повышенной безопасности, с большим количеством циклов «заряд/разряд» и малыми потерями энергии во время хранения</p> <p>Создание высокоэффективных суперконденсаторов</p> <p>Создание механических (кинетических) накопителей электроэнергии</p> <p>Разработка эффективных технологий аккумулирования электроэнергии на базе воздухоаккумулирующих установок, в том числе с использованием адиабатных компрессоров</p> <p>Создание сверхпроводящих индуктивных накопителей электроэнергии</p> <p>Разработка эффективных способов аккумулирования электроэнергии на основе криогенных технологий</p>
Технологии аккумулирования тепловой энергии, включая сезонные и суточные накопители		<p>Создание жидкостных систем аккумулирования тепловой энергии</p> <p>Создание твердотельных аккумуляторов тепловой энергии</p> <p>Создание систем аккумулирования тепловой энергии на основе фазовых переходов</p>

7.3.8. Водородная энергетика

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные технологии производства, хранения и использования водорода, обеспечивающие крупномасштабный переход к водородной энергетике.

Табл. 7.9. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Водородная энергетика»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии крупномасштабного производства водорода		<p>Разработка новых технологий электролиза воды</p> <p>Разработка новых технологий термохимического разложения воды, в том числе с использованием тепла высокотемпературных ядерных реакторов</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка новых высокоэффективных технологий крупномасштабного получения водорода на основе органических топлив</p> <p>Разработка новых технологий эффективного преобразования органических топлив в водород в составе энергоустановок с топливными элементами</p> <p>Разработка технологий получения водорода путем фотохимического разложения воды</p>
Новые технологии безопасного и эффективного хранения водорода		<p>Разработка новых технологий безопасного хранения газообразного водорода под высоким давлением</p> <p>Разработка новых криогенных технологий хранения водорода в жидком состоянии</p> <p>Разработка новых технологий хранения водорода в связанном состоянии</p>
Перспективные технологии эффективного использования водорода		<p>Создание новых типов стационарных энергоустановок на водороде с высоким уровнем энергоэффективности и безопасности</p> <p>Разработка новых технологий использования водорода для покрытия пиковых электрических нагрузок</p> <p>Разработка новых технологий безопасного и эффективного использования водорода в энергоустановках мобильных устройств</p>

7.3.9. Эффективная транспортировка топлива и энергии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- перспективные технологии транспортировки топлива и энергии на дальние расстояния.

Табл. 7.10. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективная транспортировка топлива и энергии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Перспективные технологии передачи электроэнергии на дальние расстояния		<p>Исследования, направленные на повышение эффективности передачи электроэнергии на дальние расстояния на переменном токе</p> <p>Разработка технологий и оборудования для высокоэффективной передачи электроэнергии на дальние расстояния на постоянном токе</p> <p>Разработка технологий и оборудования для передачи электроэнергии на основе высокотемпературной сверхпроводимости</p> <p>Разработка принципиально новых технологий передачи электроэнергии на дальние расстояния</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые технологии эффективной транспортировки природного газа		<p>Разработка новых технологий эффективной передачи природного газа на большие расстояния; новые методы снижения гидравлического сопротивления трубопроводов и повышения эффективности технологий компримирования</p> <p>Разработка новых технологий производства и безопасной перевозки сжиженного природного газа наземным и морским транспортом</p>
Новые технологии безопасной и эффективной транспортировки водорода		<p>Разработка новых технологий безопасной транспортировки газообразного водорода на большие расстояния</p> <p>Разработка новых технологий безопасной транспортировки жидкого водорода на большие расстояния</p>

7.3.10. Интеллектуальные энергетические системы будущего

Ожидаемые результаты заделных исследований:


- качественное повышение управляемости, надежности и эффективности функционирования основных энергетических систем: электроэнергетических, газотранспортных, централизованного теплоснабжения.

Табл. 7.11. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Интеллектуальные энергетические системы будущего»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Интеллектуальные системы электро-, тепло- и газоснабжения, интеграция различных видов энергоресурсов и средств распределенной энергогенерации		<p>Создание интеллектуальных систем электро-, тепло- и газоснабжения со сложными режимами функционирования и активными потребителями</p> <p>Разработка новых схемных, технологических и управленческих решений в области интеграции различных видов энергоресурсов, технологий и средств аккумулирования энергии</p> <p>Разработка научно-технических предложений по эффективной интеграции средств распределенной электрогенерации, включая электромобили, с целью сокращения необходимых резервов мощности (пикового, системного), обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения и качества электроэнергии; разработка концепции районной виртуальной электростанции</p>
Физическая демонстрация интеллектуальных технологий и средств мониторинга, диагностики и автоматического управления оборудованием и режимами работы сложных энергетических систем в режиме реального времени		<p>Разработка новых интеллектуальных технологий и средств мониторинга и диагностики состояния оборудования в энергетических системах</p> <p>Разработка новых технологий, методов и средств автоматического управления оборудованием и режимами работы сложных энергетических систем, интеллектуальных систем и технических средств диспетчеризации</p>



(окончание)


Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка математических методов оптимизации нормальных и аварийных режимов в сложных энергетических системах</p> <p>Создание новых средств оптимального управления сложными системами централизованного теплоснабжения с распределенными теплоисточниками и регуляторами, включая математические методы и компьютерные системы оптимизации гидравлических и тепловых режимов сложных тепловых сетей</p> <p>Разработка и демонстрация принципов, методов и технологий автоматического управления конечным электропотреблением по экономическому критерию в режиме реального времени на основе интеграции электрических и информационных сетей; разработка концепции Энергетического Интернета (EnerNet)</p>
<p>Новые методы и средства обеспечения оптимального уровня надежности и безопасности интеллектуальных энергетических систем, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций</p>		<p>Разработка концепции и модельных средств обеспечения надежности и безопасности функционирования интеллектуальных энергетических систем и объектов в условиях критических и чрезвычайных ситуаций</p> <p>Разработка концепции и модельных средств управления рисками на критически важных и потенциально опасных объектах энергетической инфраструктуры в целях предотвращения кризисных и чрезвычайных ситуаций или смягчения их последствий</p> <p>Формирование математических моделей возможных аварий на различных энергетических объектах и соответствующих программных продуктов</p> <p>Разработка методик и вычислительных инструментов для оценки последствий кризисных и чрезвычайных ситуаций в энергетической инфраструктуре</p>

7.3.11. Эффективное потребление энергии

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые технологии, технические средства и методы управления ими, обеспечивающие существенное снижение потерь энергии у конечных потребителей, прежде всего в энергоемких отраслях экономики (металлургии, химической промышленности, машиностроении, транспорте и т.д.), а также в жилищно-коммунальной и социальной сферах.

Табл. 7.12. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Эффективное потребление энергии»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Повышение энергоэффективности энергоемких производств</p>		<p>Разработка новых энергоэффективных технологий для основных производств в энергоемких отраслях экономики</p> <p>Разработка новых технологий, направленных на минимизацию образования отходов производства и максимизацию объемов их рекуперации</p>



(продолжение)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка научно-технических предложений по расширению использования перспективных электрофизических и электрохимических технологий в экономике</p> <p>Разработка научно-технических предложений по повышению энергоэффективности экономики за счет применения более долговечных материалов, предметов, устройств и оборудования</p>
<p>Здания с минимальным энергопотреблением</p>		<p>Разработка новых архитектурно-планировочных решений и технологий проектирования и строительства зданий с минимальным потреблением энергии</p> <p>Создание новых типов ограждающих конструкций, включая светопрозрачные, с предельно высокими теплозащитными характеристиками; использование вакуумных технологий для теплоизоляции</p> <p>Разработка новых технологий рекуперации теплоты вентиляционных выбросов с высокой энергетической эффективностью и эксплуатационными свойствами</p> <p>Создание новых высокоэффективных систем отопления и вентиляции жилых, общественных и производственных зданий</p> <p>Разработка новых методов снижения гидравлического сопротивления трубопроводных систем зданий, коррозии и образования накипи во внутридомовых трубопроводах и способов их очистки</p>
<p>Высокоэффективное электрооборудование и системы управления им</p>		<p>Создание новых типов электродвигателей, в том числе на основе сверхпроводящих материалов</p> <p>Разработка новых технологий и систем управления электроприводом</p> <p>Создание высокоэффективных трансформаторов и коммутационного электрооборудования</p>
<p>Новые источники света и интеллектуальные системы освещения</p>		<p>Создание новых источников света с высокой световой отдачей</p> <p>Создание новых систем освещения и средств управления режимами освещения, в том числе с использованием датчиков освещенности и движения</p>
<p>Интеллектуальные системы управления энергопотреблением технологических процессов и зданий</p>		<p>Разработка интеллектуальных систем управления энергопотреблением технологических процессов</p> <p>Разработка интеллектуальных систем комплексного управления энергопотреблением зданий с учетом реальных климатических условий</p>



(окончание)


Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка новых технологий и программно-аппаратных средств дистанционного управления производственными процессами и оборудованием, бытовыми приборами и внутридомовыми системами с использованием мобильной связи и информационных сетей в целях энергосбережения и обеспечения безопасности («умный дом»)</p>
<p>Интенсификация процессов тепло- и массообмена</p>		<p>Разработка новых способов интенсификации процессов тепло- и массообмена в энергетических и энергопотребляющих установках в целях энергосбережения</p>

7.3.12. Моделирование перспективных энергетических технологий и систем

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые методы, математические модели и вычислительные средства для системного анализа перспективных энергетических технологий, оптимального управления развитием и функционированием больших систем энергетики, обеспечения необходимой надежности и безопасности их функционирования, а также анализа и прогнозирования развития мировой энергетической системы и энергетических рынков;
- своевременное выявление складывающихся глобальных технологических трендов в мировой энергетике и прогнозирование развития и крупномасштабного применения новых энергетических технологий;
- получение надежных прогнозных оценок внешнего спроса на первичные и вторичные отечественные энергоносители, позволяющих определить и своевременно скорректировать оптимальную стратегию поведения России на внешних энергетических рынках на долгосрочную перспективу.

Табл. 7.13. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Моделирование перспективных энергетических технологий и систем»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Моделирование физико-химических процессов в энергоустановках</p>		<p>Разработка новых методов и технологии термодинамического моделирования процессов превращения вещества и энергии в многокомпонентных системах, в том числе с внешними воздействиями и в экстремальных условиях</p> <p>Разработка новых методов кинетического моделирования химических процессов в энергоустановках, в том числе быстропротекающих</p> <p>Разработка новых методов моделирования процессов тепло- и массообмена в целях создания перспективных энергетических установок</p>



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Моделирование и оптимизация схем и параметров перспективных энергетических установок</p>		<p>Разработка новых методов математического моделирования и оптимизации схем и параметров перспективных энергетических и энерготехнологических установок</p> <p>Разработка новых методов математического моделирования аварийных процессов в энергетических установках</p>
<p>Новые методы и средства системного анализа перспективных энергетических технологий</p>		<p>Разработка новых методов и средств системного анализа перспективных энергетических технологий с учетом их жизненного цикла</p> <p>Разработка новых методов и средств учета мультипликативных эффектов при оценке долгосрочных перспектив развития энергетических технологий</p> <p>Разработка новых методов и средств учета неопределенностей и рисков при выполнении системного анализа перспективных энергетических технологий</p> <p>Разработка научно-технических предложений по развитию национальной системы прогнозирования научно-технического прогресса в энергетике</p>
<p>Моделирование развития и функционирования энергетических систем</p>		<p>Разработка новых методов математического моделирования функционирования и развития топливно-энергетического комплекса страны и регионов</p> <p>Разработка новых методов математического моделирования функционирования и развития электроэнергетических систем на основе оптимизационного, имитационного и мультиагентского моделирования</p> <p>Разработка новых методов математического моделирования функционирования и развития трубопроводных систем (газо-, нефте- и теплоснабжения)</p>
<p>Моделирование мировой энергетики и мировых энергетических рынков</p>		<p>Формирование моделей мировой энергетической системы нового поколения в оптимизационной, мультирегиональной и динамической постановке</p> <p>Формирование моделей мировых энергетических рынков (нефти и нефтепродуктов, природного газа, угля) с региональной детализацией</p>

7.3.13. Разработка прогрессивной электронной компонентной базы для энергетики

Ожидаемые результаты задельных исследований:

- прогрессивная отечественная элементная электронная база силовой и слаботочной электроники для применения в интеллектуальных энергетических системах, перспективных энергетических и энергосберегающих технологиях.



Табл. 7.14. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Разработка прогрессивной электронной компонентной базы для энергетики»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Силовая электроника нового поколения		Создание интеллектуальных силовых полупроводниковых приборов нового поколения для применения в энергетике
Измерительные приборы и средства автоматического регулирования нового поколения		Создание высокочувствительных измерительных приборов, включая датчики температуры, давления и расхода Создание перспективных средств автоматического регулирования для энергосберегающих технологий Создание новых технических средств обеспечения безопасной эксплуатации перспективного энергетического оборудования Создание новых измерительных приборов для мониторинга состояния генерирующего оборудования гидроэлектростанций и гидротехнических сооружений
Микропроцессорная техника нового поколения для нужд энергетики		Создание микропроцессорной техники для применения в интеллектуальных энергетических системах и приборах, системах автоматического регулирования электро-, тепло- и газопотребления
Технологии и средства дистанционного управления энергетическим оборудованием		Разработка новых технологий и программно-аппаратных средств дистанционного управления производственными процессами и бытовыми приборами с использованием мобильной связи и информационной сети Интернет Создание беспроводных интерфейсов и их элементной базы для нужд энергетики

7.3.14. Новые материалы и катализаторы для энергетики будущего

Ожидаемые результаты заделных исследований:

- новые материалы для перспективных энергогенерирующих, энергопотребляющих и энерготранспортных технологий и систем нового поколения.


Табл. 7.15. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Новые материалы и катализаторы для энергетики будущего»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Новые конструкционные материалы и покрытия		Разработка новых конструкционных материалов и покрытий (термобарьерных, антиэрозионных, противокоррозионных), способных функционировать в условиях экстремально высоких температур и больших динамических нагрузок, для изготовления мощных газовых турбин с длительным ресурсом работы при переменных нагрузках с большими амплитудами и скоростями их изменений Разработка новых материалов и покрытий для лопастей ветродвигателей и технологий их обработки и применения



(окончание)

Области задельных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>Разработка новых материалов и покрытий с высокой поглощательной способностью и большим ресурсом работы для изготовления солнечных коллекторов</p> <p>Разработка новых покрытий с высокой отражательной способностью и большим ресурсом работы для изготовления концентраторов солнечного излучения</p>
Новые жаропрочные материалы		<p>Разработка новых жаропрочных материалов для работы под высоким давлением в запыленной высокотемпературной газовой среде, обеспечивающих создание теплоэнергетических установок с ультра-высокими параметрами пара, использующих твердое топливо</p>
Новые радиационностойкие материалы		<p>Разработка новых материалов с высокой радиационной стойкостью, способных длительно функционировать в активной зоне ядерных реакторов и обеспечивающих ресурс надежной и безопасной эксплуатации АЭС не менее 60 лет</p> <p>Разработка новых материалов, способных длительно функционировать в активной зоне высокотемпературного газоохлаждаемого реактора</p> <p>Разработка новых материалов для термоядерных реакторов</p>
Новые токопроводящие и электроизоляционные материалы		<p>Разработка новых токопроводящих и электроизоляционных материалов с высокими эксплуатационными свойствами для перспективных электроэнергетических систем и электрооборудования</p> <p>Разработка сверхпроводящих материалов, пригодных для применения в электроэнергетике в промышленных масштабах</p> <p>Разработка новых материалов для фотопреобразователей</p>
Теплозащитные и теплоизоляционные материалы		<p>Разработка новых теплозащитных и теплоизоляционных материалов с высоким термическим сопротивлением и улучшенными эксплуатационными характеристиками для использования в перспективных энергоустановках и в целях энергосбережения</p>
Новые функциональные покрытия трубопроводов		<p>Разработка новых функциональных покрытий с низкой адгезией к солям жесткости, малой шероховатостью и высокими антикоррозионными свойствами для увеличения срока службы тепловых сетей и снижения их гидравлического сопротивления</p>
Новые мембранные материалы с заданным размером пор		<p>Разработка новых мембранных материалов с контролируемым размером пор для перспективных процессов разделения газов и жидкостей</p> <p>Разработка новых мембранных материалов и проводящих структур для электрохимических генераторов и аккумуляторов</p>
Новые типы катализаторов		<p>Поиск новых катализаторов, характеризующихся высокой селективностью, долговечностью и приемлемой стоимостью, для увеличения глубины переработки углеводородного сырья и повышения качества производимых моторных топлив</p> <p>Создание новых типов катализаторов для производства моторных топлив и широкого спектра химических продуктов на основе синтез-газа</p>



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА

Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года – один из важнейших документов в системе государственного стратегического планирования, нацеленный на методическое, информационное и экспертно-аналитическое обеспечение разработки управленческих решений в области научно-технической и инновационной политики. Основной его задачей является выработка приоритетов научно-технологического развития России.

По итогам формирования ПНТР из широкого круга направлений научно-технологического развития выделены наиболее перспективные с точки зрения их реализации в России. Результаты Прогноза носят всесторонний характер: определены не только области научных исследований и разработок, но и перспективные рынки и продуктовые группы, в рамках которых могут найти применение их результаты.

Выводы и рекомендации ПНТР могут использоваться различными заинтересованными сторонами:

- федеральными органами исполнительной власти – при разработке, реализации и корректировке отраслевых документов государственного стратегического планирования, государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности;
- компаниями с государственным участием, реализующими программы инновационного развития, технологическими платформами, инновационными территориальными кластерами – в ходе реализации и при корректировке соответствующих программных документов;
- высшими учебными заведениями и научными организациями – при определении приоритетных направлений работы, разработке, реализации и корректировке стратегических документов развития;
- частным бизнесом – при разработке и реализации исследовательских и производственных программ и проектов, поиске технологических партнеров.

Выстраивание механизмов использования результатов Прогноза целесообразно проводить поэтапно.

Информирование заинтересованных сторон о результатах Прогноза, выработка механизмов их использования

Предложения по организации серии мероприятий, направленных на информирование заинтересованных сторон о результатах Прогноза, были одобрены на заседаниях Межведомственной комиссии по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, состоявшихся в 2013–2014 гг.¹ В соответствии с принятыми решениями планируется проведение ряда семинаров и круглых столов с участием широкого круга заинтересованных сторон, в том числе представителей федеральных органов исполнительной власти, Российской

¹ Протоколы от 4 октября 2013 г. № 77-НГ/12 и 23 января 2014 г. № АП-26/02.

академии наук, институтов развития, предприятий реального сектора экономики, научных организаций, вузов, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров.

Необходимо разработать методические материалы по учету результатов ПНТР в рамках деятельности заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и организаций, в том числе при формировании, корректировке и реализации государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности, а также план мероприятий по формированию (корректировке) системы отраслевых критических технологий с учетом результатов ПНТР. Подготовленные материалы следует рекомендовать к утверждению Правительством Российской Федерации. В планы и детальные планы-графики реализации государственных программ Российской Федерации научно-технологической направленности на очередной финансовый год и плановый период целесообразно включить мероприятия по обеспечению учета результатов ПНТР на регулярной основе.

Будут также подготовлены предложения по формированию системы дорожных карт для перспективных проектов, реализуемых в рамках государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности, с учетом результатов ПНТР.

Формирование механизмов использования результатов Прогноза при разработке, реализации и корректировке государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы научно-технологической направленности

Согласно подпункту «д» пункта 2 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» Правительству Российской Федерации было поручено предусмотреть до 1 июля 2013 г. в составе разрабатываемых государственных программ Российской Федерации мероприятия по развитию национальной инновационной системы в соответствии со Стратегией инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р (далее – Стратегия), а также сформировать систему технологического прогнозирования, ориентированную на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий (далее – система технологического прогнозирования). В настоящее время утверждены ключевые государственные программы Российской Федерации, оказывающие влияние на развитие национальной инновационной системы.

Выполнение мероприятий по технологическому прогнозированию предусмотрено, в частности, в рамках следующих государственных программ:

- подпрограммы 2 «Прикладные проблемно-ориентированные исследования и развитие научно-технологического задела в области перспективных технологий» государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 301;
- подпрограммы 7 «Авиационная наука и технологии» государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 303;

- федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 21.02.2008 г. № 103 (ред. от 24.10.2013 г.);
- подпрограммы «Обеспечение инновационного развития гражданского сектора атомной отрасли и расширение сферы использования ядерных технологий» государственной программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 02.06.2014 г. № 506-12;
- Федеральной космической программы России на 2006–2015 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2012 г. № 1306;
- государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России на 2013–2020 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 306.

Мероприятия, обеспечивающие функционирование системы технологического прогнозирования, включены также в планы и детальные планы-графики реализации государственных программ на очередной финансовый год и плановый период, разработанные в соответствии с поручениями Правительства Российской Федерации от 28 июня 2012 г. № ДМ-П13-3699 и 30 марта 2013 г. № ДМ-П13-2008.

Результаты ПНТР как ключевого элемента системы технологического прогнозирования должны учитываться федеральными органами исполнительной власти при реализации государственных программ Российской Федерации, а также их корректировке:

а) в целях определения приоритетных направлений государственной поддержки научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технологической модернизации производства, которые должны соответствовать наиболее перспективным направлениям научно-технологического развития, выявленным по итогам прогнозирования. В частности, такая практика нашла применение при разработке федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», структура которой в части тематических блоков соответствовала приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и критическим технологиям Российской Федерации;

б) при формировании тематики и объемов финансирования работ и проектов в сфере исследований и разработок, поддерживаемых в рамках государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы (соответствие результатам – один из критериев отбора тематики). Тематика поддерживаемых государством исследований и разработок должна соответствовать определенным в рамках Прогноза наиболее перспективным направлениям научно-технологического развития. Если тематика исследований и разработок предлагается заинтересованной стороной (вузом, научной организацией, бизнес-сообществом), может осуществляться оценка ее соответствия наиболее перспективным направлениям, определенным по итогам прогнозирования. В этом случае принятие решения об одобрении тематики может быть увязано с результатами оценки. Если тематика устанавливается директивно, она может формироваться на основе результатов Прогноза в соответствии с выявленными наиболее перспективными направлениями научно-технологического развития с последующей поддержкой работ по данной тематике в рамках государственной программы Российской Федерации (федеральной целевой программы);

в) при конкурсном отборе исполнителей научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, поддерживаемых в рамках государственных программ Российской Федерации, включая федеральные целевые программы (соответствие результатам – один из критериев отбора заявок). В данном случае предложения заявителей по реализации исследований и раз-

работок могут оцениваться с точки зрения соответствия предлагаемых подходов к решению научно-технических проблем, конструктивных и других принципов разрабатываемых образцов, предусматриваемых научно-технических и технологических решений наиболее перспективным направлениям научно-технологического развития, определенным в рамках Прогноза;

г) при подготовке предложений по формированию бюджетных ассигнований федерального бюджета в части федеральных целевых программ и бюджетных инвестиций из федерального бюджета в объекты капитального строительства, не включенные в федеральные целевые программы, а также предоставлению бюджетам субъектов Российской Федерации субсидий на софинансирование объектов капитального строительства государственной собственности субъектов Российской Федерации (муниципальной собственности). В этом случае результаты ПНТР могут использоваться для оценки целесообразности поддержки из федерального бюджета объектов капитального строительства государственной или муниципальной собственности, относящихся к научной и инновационной инфраструктуре, прежде всего имеющих технологическую специализацию.

Создание механизмов использования результатов Прогноза при разработке, реализации и корректировке документов государственного стратегического планирования социально-экономического развития Российской Федерации

В настоящее время формируется система государственного стратегического планирования социально-экономического развития Российской Федерации; это отражено в федеральном законе от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», предусматривающем координацию стратегического управления и мер бюджетной политики (далее – закон).

Закон разработан в соответствии с абзацем 3 подпункта «а» пункта 2 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» и внесен в Государственную думу Федерального Собрания Российской Федерации распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 сентября 2012 г. № 1816-р.

Согласно закону к документам стратегического планирования, разрабатываемым на федеральном уровне, относятся:

- 1) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках целеполагания, к которым относятся:
 - а) ежегодное послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации;
 - б) стратегия социально-экономического развития Российской Федерации;
 - в) стратегия национальной безопасности Российской Федерации, а также основы государственной политики, доктрины и другие документы в сфере обеспечения национальной безопасности Российской Федерации;
- 2) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках целеполагания по отраслевому и территориальному принципу, к которым относятся:
 - а) отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации;
 - б) стратегия пространственного развития Российской Федерации;
 - в) стратегии социально-экономического развития макрорегионов;



3) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках прогнозирования, к которым относятся:

- а) прогноз научно-технологического развития Российской Федерации;
- б) стратегический прогноз Российской Федерации;
- в) прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период;
- г) бюджетный прогноз Российской Федерации на долгосрочный период;
- д) прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочный период;

4) документы стратегического планирования, разрабатываемые в рамках планирования и программирования, к которым относятся:

- а) основные направления деятельности Правительства Российской Федерации;
- б) государственные программы Российской Федерации;
- в) государственная программа вооружения;
- г) схемы территориального планирования Российской Федерации;
- д) планы деятельности федеральных органов исполнительной власти.

В соответствии с законом ПНТР определен одним из ключевых документов системы государственного стратегического планирования.

Результаты Прогноза будут учитываться при разработке, реализации и актуализации данных документов государственного стратегического планирования (ряд из них уже действуют, остальные должны быть разработаны в ближайшее время).

Кроме того, результаты Прогноза должны быть использованы при разработке прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период.

Нормы, обеспечивающие эффективное применение результатов Прогноза в рамках разработки документов стратегического планирования социально-экономического развития Российской Федерации, получат дальнейшее развитие в рамках подзаконных актов, которые необходимо разработать после принятия закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации». В частности, должны быть приняты постановления Правительства Российской Федерации «О порядке разработки прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочный период» и «О порядке разработки документов стратегического планирования в Российской Федерации», в которых будут отражены вопросы использования результатов функционирования системы технологического прогнозирования при разработке документов стратегического планирования социально-экономического развития страны.

В целях обеспечения использования результатов Прогноза при формировании документов государственного стратегического планирования к разработке ПНТР предъявляется ряд требований.

1. Структура и содержание ПНТР.

1.1. Прогноз должен охватывать возможно более широкий спектр направлений научно-технологического развития. По результатам Прогноза готовится аналитическое резюме, содержащее наиболее важные выводы и рекомендации отдельно по каждому из ключевых документов государственного стратегического планирования, в том числе научно-технологической направленности. По итогам Прогноза могут быть подготовлены предложения по разработке новых документов государственного стратегического планирования (например, дорожных карт развития по наиболее перспективным технологическим направлениям).

1.2. С точки зрения структуры и содержания Прогноз должен соответствовать потребностям федеральных органов исполнительной власти, ответственных за разработку и реализацию документов государственного стратегического планирования, в том числе научно-технологической направленности.

2. Разработка и согласование материалов по методическим, организационным и другим вопросам формирования ДПНТР.

2.1. Все основные материалы, обеспечивающие выполнение работ по прогнозированию (концепция Прогноза и др.), должны проходить предварительное обсуждение с участием представителей научного, образовательного, бизнес-сообщества, заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, общественных объединений. Должно осуществляться межведомственное согласование основных документов, предусмотрены, в частности, коммуникационные механизмы – межведомственные рабочие группы, Интернет-площадки и др.

3. Организация работы и порядок разработки ПНТР.

3.1. Необходимым условием является возможность участия в разработке Прогноза всех основных заинтересованных сторон. Перед началом работы формируется перечень федеральных органов исполнительной власти и организаций, представители которых будут включены в состав координационных, экспертных и рабочих органов, в том числе временных.

3.2. Перед началом разработки Прогноза формируются его концепция и межведомственный план координации деятельности федеральных органов исполнительной власти, который должен быть согласован по срокам с графиками подготовки документов государственного стратегического планирования, а также других прогнозов технологического развития. Указанные документы могут быть представлены к обсуждению на заседании Межведомственной комиссии по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России.

4. Результаты ПНТР.

4.1. Результаты Прогноза должны соответствовать потребностям федеральных органов исполнительной власти, ответственных за разработку и реализацию документов государственного стратегического планирования, в том числе научно-технологической направленности. По итогам Прогноза должен быть подготовлен комплект информационных и аналитических материалов, отвечающих потребностям различных федеральных органов исполнительной власти, а также основных организаций.

4.2. Результаты Прогноза должны содержать:

- проблемно-ориентированный научно-технологический прогноз, включая перечень перспективных научных направлений и пакетов технологий, направленных на решение выделенных важнейших социально-экономических проблем России, и дорожные карты по ключевым направлениям;
- перечень перспективных пакетов технологий, обеспечивающих повышение конкурентоспособности соответствующих секторов экономики, и проекты дорожных карт по перспективным для России секторам обрабатывающей промышленности;
- прогноз кадрового обеспечения и необходимых компетенций для реализации выделенных научных направлений и пакетов технологий;
- проекты перечней приоритетных направлений и критических технологий национального и отраслевого уровней (по всем отраслям науки);
- предложения по использованию результатов ПНТР при разработке, реализации и корректировке документов государственного стратегического планирования;
- предложения по мерам государственной поддержки развития отдельных наиболее перспективных направлений технологического развития.

5. Информирование федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и других заинтересованных сторон об основных положениях (результатах) ПНТР.

В целях обеспечения использования результатов функционирования системы технологического прогнозирования при разработке документов государственного стратегического



планирования в порядке разработки этих документов должны быть предусмотрены ряд требований.

5.1. В методических рекомендациях (материалах) по разработке документов государственного стратегического планирования (прежде всего государственных программ Российской Федерации научно-технологической направленности, включая соответствующие федеральные целевые программы; стратегий развития отраслей и секторов экономики; прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочный период) должны быть предусмотрены:

- необходимость учета результатов функционирования системы технологического прогнозирования;
- наличие в структуре документов государственного стратегического планирования разделов, содержащих описание перспектив научно-технологического развития соответствующих тематических областей (долгосрочные тенденции, вызовы, наиболее перспективные направления и др.), технологических приоритетов и целей и др., подготовленных на основе результатов функционирования системы технологического прогнозирования. Соответствующие обосновывающие материалы могут быть включены в состав приложений или сопроводительных материалов к документам государственного стратегического планирования.

5.2. Необходимо согласование графиков разработки документов государственного стратегического планирования и выполнения работ и проектов в сфере технологического прогнозирования, осуществляемых федеральными органами исполнительной власти, государственными институтами развития и другими заинтересованными организациями.

5.3. Проекты документов государственного стратегического планирования научно-технологической направленности должны быть согласованы в части соответствия результатам функционирования системы технологического прогнозирования с федеральными органами исполнительной власти (в первую очередь Минобрнауки России и Минпромторгом России).

5.4. В состав координационных, экспертных и рабочих органов (например, временных рабочих групп), формируемых в целях разработки ведомственных прогнозов научно-технологического развития, должны быть включены представители других федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих разработку документов государственного стратегического планирования по соответствующей технологической тематике.

5.5. Необходимо определить перечень документов, при разработке, реализации и корректировке которых должны учитываться результаты функционирования системы технологического прогнозирования, а также основные способы учета результатов (например, при формировании тематики и объемов финансирования работ и проектов, выполняемых в рамках федеральных целевых программ научно-технологической направленности).

Обеспечение качества прогнозных исследований в сфере науки и технологий

Стремительный рост числа проектов, наблюдаемый в последнее время в практике российских форсайт-исследований, свидетельствует о необходимости введения минимального набора требований к используемой методологии и получаемым результатам. Анализ мирового опыта позволяет выделить ключевые черты качественного форсайт-исследования:

а) привлечение всех категорий стейкхолдеров (представителей науки, компаний, государства, институтов развития, экспертного сообщества);

б) использование солидной доказательной базы, включая международную экспертизу результатов;

в) ориентация на интеграцию в систему принятия решений и конкретные практические шаги.

Безусловно, одним из основных факторов успешной реализации проекта служит высокая компетентность его участников, подтвержденная сертификатами крупнейших зарубежных форсайт-центров, публикациями в ведущих зарубежных и российских журналах, отзывами заказчиков предшествующих прогнозных работ и т.п.

В методологии исследования должно быть представлено широкое разнообразие методов, включая доказательные, креативные, интерактивные и экспертные. Доказательная база должна включать анализ результатов других прогнозных проектов (предыдущих циклов, других министерств, ведомств и государственных корпораций Российской Федерации и зарубежных исследований, включая прогнозы международных организаций) и ключевых национальных и региональных стратегических документов (стратегий, прогнозов, программ развития и др.) по исследуемой тематике. Взаимоувязка логики проекта с глобальными вызовами, угрозами и рисками, а также социально-экономическими тенденциями рассматривается в качестве еще одного необходимого условия, обеспечивающего качество прогнозных исследований. Методология проекта должна быть верифицирована ведущими зарубежными специалистами, отбираемыми в соответствии со следующими критериями: количество публикаций по тематике Форсайта в рецензируемых журналах – не менее пяти за последние пять лет; индекс цитирования² – не ниже среднемирового по областям, связанным с долгосрочным прогнозированием и Форсайтом.

Результаты прогнозных исследований должны быть представлены в форме, адекватной задачам их дальнейшего использования в процессе принятия политических решений (обычно в виде практических рекомендаций). Для практической реализации рекомендаций Прогноза и вовлечения широкой общественности в их обсуждение необходимо активное распространение результатов проекта через публикации, презентации и иные информационные материалы.

² Рассчитанный на основе перечня журналов в этой области, индексируемых в Web of Science.

Авиационная наука и технологии 2030. Форсайт, основные положения (2012) / под ред. Б.С. Алешина, В.И. Бабкина, Л.М. Гохберга и др. М.: ЦАГИ.

Адамов Д.Ю., Адамов Ю.Ф., Амелин Д.В. (2010) Наногетероструктуры в сверхвысокочастотной полупроводниковой электронике. М.: Техносфера.

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.

Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. (2007) Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России // Право и безопасность. № 1–2 (22–23).

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

Бхушан Б. (2010) Справочник Шпрингера по нанотехнологиям. М.: Техносфера.

Валиев Р.З. (2006) Создание наноструктурированных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации // Российские нанотехнологии. Т. 1. № 1–2. С. 208–216.

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

ВИАМ (2012) История авиационного материаловедения / под ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ.

Внешэкономбанк (2011) Современное состояние и перспективы развития российского судостроения. <http://www.veb.ru/common/upload/files/veb/analytics/fld/20111129shipbuilding.pdf> (дата обращения: 29.05.2014).

Волков В.В., Мчедlishvili Б.В., Ролдугин В.И., Иванчев С.С., Ярославцев А.Б. (2008) Мембраны и нанотехнологии // Российские нанотехнологии. Т. 3. № 11–12. С. 67–99.

Вучик В.Р. (2011) Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина, под науч. ред. М. Блинкина. М.: Издательский дом «Территория будущего».

Выгон Г. и др. (2013) Нетрадиционная нефть: станет ли Баженов вторым Баккеном? Энергетический центр Московской школы управления Сколково. Октябрь 2013.

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

Горынин И.В. (2007) Исследования и разработки ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» в области конструкционных наноматериалов // Российские нанотехнологии. Т. 2. № 3–4. С. 36–57.

Государственная программа Российской Федерации «Космическая деятельность России на 2013–2020 годы». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 306.

Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 годы». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2012 г. № 2509-р.

- Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 319.
- Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е.* (2011) Стратегия-2020. Новые контуры российской инновационной политики // Форсайт. Т. 5. № 4. С. 8–31.
- Гридчин В.А., Драгунов В.П., Неизвестный И.Г.* (2006) Основы наноэлектроники. М.: Логос.
- Демонис И.М., Петрова А.П.* (2011) Материалы ВИАМ в космической технике // Все материалы. Энциклопедический справочник. № 6. С. 2–9.
- Доманьский Р.* (2010) Экономическая география: динамический аспект. М.: Новый хронограф.
- Дуб А.В., Шашнов С.А.* (2007) Инновационные приоритеты для энергетического машиностроения: опыт отраслевого Форсайта // Форсайт. № 3 (3). С. 4–11.
- Елисеев А.А., Лукашин А.В.* (2010) Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит.
- Зайончковская Ж.А.* (2012) Федеральные округа на миграционной карте России // Регион: экономика и социология. № 3 (75). С. 3–18.
- ИНЭИ РАН / РЭА (2012) Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года. М.: Институт энергетических исследований РАН, Российское энергетическое агентство.
- ИНЭИ РАН / АЦ при Правительстве Российской Федерации (2013) Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. М.: ИНЭИ РАН, Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации.
- Кавалейро А., де Хоссон Д.* (2011) Наноструктурные покрытия. М.: Техносфера.
- Каминский И.П., Огородова Л.М., Патрушев М.В., Чулок А.А.* (2013) Медицина будущего: возможности для прорыва сквозь призму технологического прогноза // Форсайт. Т. 7. № 1. С. 14–25.
- Караганов В.В., Кульпик Л.Г., Мурзин Р.Р., Симонов Ю.А.* (2006) Шельф России: прогноз добычи углеводородов до 2030 года и инфраструктура технико-технологического обеспечения // Нефтяное хозяйство. № 6. С. 76–78.
- Карасев О.И., Вишнеvский К.О.* (2010) Прогнозирование развития новых материалов с использованием методов Форсайта // Форсайт. Т. 4. № 2. С. 58–67.
- Карасев О.И., Соколов А.В.* (2009) Форсайт и технологические дорожные карты для наноиндустрии // Российские нанотехнологии. Т. 4. № 3–4. С. 8–15.
- Кильдишев А.В., Шалаев В.М.* (2011) Трансформационная оптика и метаматериалы // Успехи физических наук. Т. 181. № 1. С. 59–70.
- Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М. и др.* (2008) Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления. М.: Макс Пресс.
- Ковальчук М.В.* (2010) Идеология нанотехнологий. М.: ИКЦ «Академкнига».
- Колесов С.Н., Колесов И.С.* (2007) Материаловедение и технология конструкционных материалов. М.: Высшая школа.
- Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Председателем Правительства Российской Федерации (№ 1838п-П8 от 24 апреля 2012 г.).
- Концепция партнерства Глобального экологического фонда (ГЭФ) и Российской Федерации по устойчивому управлению окружающей средой в Арктике в быстро меняющихся климатических условиях («Арктическая Повестка 2020»). <http://fsdejournal.ru/book/export/html/229> (дата обращения: 05.03.2014).

- Косолюбов А. (2009) Перспективы развития транспортных космических средств США // Зарубежное военное обозрение. № 3. С. 48–55.
- Крайнев Д.Ю., Жданов С.А. (2010) Научное обеспечение новых технологий разработки нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами // Технологии нефти и газа. № 5. С. 36–39.
- Кристенсен К. (2004) Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М.: Альпина Паблишер.
- Кульчицкий В.В. (2008) Инновационные технологии освоения Арктического шельфа // Oil & Gas Journal Russia. № 6. С. 62–66.
- Лукойл (2013) Основные тенденции развития глобальных рынков нефти и газа до 2025 г.
- Лякишев Н.П., Алымов М.И. (2006) Наноматериалы конструкционного назначения // Российские нанотехнологии. Т. 1. № 1–2. С. 71–81.
- Мальцев П.П. (2008) Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника: мировые достижения за 2008 год. М.: Техносфера.
- Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Рухеда Ф. (2009) Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: Техносфера.
- Массер Дж. (2008) Будущее космических исследований // В мире науки. № 1. С. 29.
- 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: 28.05.2014).
- Мембраны и мембранные технологии (2013) / отв. ред. А.Б. Ярославцев. М.: Научный мир.
- Минобрнауки России (2008а) 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.
- Минприроды России (2010) Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2010 году». <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128810> (дата обращения: 05.03.2014).
- Минприроды России (2012) Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128153> (дата обращения: 05.03.2014).
- Минприроды России (2013) Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году». <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101> (дата обращения: 05.03.2014).
- Минсельхоз России / Росинформагротех (2010) Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд.: в 2 ч. Ч. 1. М.: ФГНУ «Росинформагротех».
- Моисеев И.В. (2012) Развитие космической отрасли России: основные стратегии // Отрасль ДЗЗ: стратегии развития. Космические технологии и ВТО. Вып. 13. С. 7–14.
- НИУ ВШЭ (2013) Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России. М.: НИУ ВШЭ.
- Носков Р.Е. (2011) Метаматериалы: от левосторонних сред к нелинейной плазмонике. Lambert Academic Publishing.
- НЦЗД РАМН (2010) Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» (гармонизация Европейских и Российских подходов к теории и практике охраны и укрепления здоровья подростков). М.: Научный центр здоровья детей РАМН.

- ОАК (2008) Стратегия развития ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация» до 2025 г. <http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/files/Strategiya.pdf> (дата обращения: 28.05.2014).
- ОАК (2011) Программа инновационного развития ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация». http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/innovations/Pasport_PIR.pdf (дата обращения: 28.05.2014).
- ОАО «АВТОВАЗ» (2011) Паспорт Программы инновационного развития ОАО «АВТОВАЗ».
- ОАО «КАМАЗ» (2012a) Программа стратегического развития ОАО «КАМАЗ» на период до 2020 года.
- ОАО «КАМАЗ» (2012b) Паспорт программы инновационного развития ОАО «КАМАЗ» на период до 2020 года.
- ОАО «РЖД» (2011a) Проект разработки научно-методической базы формирования и функционирования технологической платформы «Высокоскоростной интеллектуальный железнодорожный транспорт».
- ОАО «РЖД» (2011b) Стратегические направления исследований и разработок на среднесрочную перспективу (2012–2015 гг.) «Разработка единой комплексной системы управления движением высокоскоростных (400 км/ч) поездов, обеспечения комплексной многоуровневой безопасности движения и интеллектуальной среды пользователей высокоскоростного железнодорожного транспорта». http://rzd.ru/dbmm/download?vp=1&load=y&col_id=121&id=66536 (дата обращения: 27.05.2014).
- ОАО «Совкомфлот» (2011) Паспорт программы инновационного развития открытого акционерного общества «Совкомфлот» на период 2011–2015 гг.
- Олейников В.А., Суханова А.В., Набиев И.Р.* (2007) Флуоресцентные полупроводниковые нанокристаллы в биологии и медицине // Российские нанотехнологии. Т. 2. № 1–2. С. 160–173.
- Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г. Утверждены Указом Президента Российской Федерации. <http://президент.рф/news/15177> (дата обращения: 17.02.2014).
- Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом Российской Федерации 18.09.2008 г. (Пр – 1969). <http://scrf.gov.ru/documents/15/98.html> (дата обращения: 05.03.2014).
- Оспенникова О.Г.* (2012) Стратегия развития жаропрочных сплавов и сталей специального назначения, защитных и теплозащитных покрытий. М.: ВИАМ. <http://viam.ru/public/files/2012/2012-206066.pdf> (дата обращения: 30.05.2014).
- 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.
- Перлова Е.В.* (2010) Коммерчески значимые нетрадиционные источники газа — мировой опыт освоения и перспективы для России // Территория Нефтегаз. № 11. С. 46–51.
- Поповкин В.А.* (2011) Состояние и перспективы развития космической отрасли в области технологий спутниковых телекоммуникаций. <http://federalbook.ru/files/SVAYZ/saderzhanie/Tom%2011/VII/Popovkin.pdf> (дата обращения: 23.05.2014).
- Порфирьев Б.* (2013) «Зеленая экономика»: реалии, перспективы и пределы роста. Московский Центр Карнеги. Апрель 2013.

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.).

Программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы». <http://www.roscosmos.ru/115/> (дата обращения: 21.05.2014).

Пул Ч., Оуэнс Ф. (2009) Нанотехнологии. М.: Техносфера.

Раскин А.В. (2012) Многоцветные транспортные космические системы. Современное состояние и перспективы развития // Стратегическая стабильность. № 1. С. 54–59.

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

РКК «Энергия» (2013) Паспорт программы инновационного развития ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева» на 2011–2020 годы.

Росгидромет (2010) Климатическая доктрина Российской Федерации. М.: Росгидромет.

Росгидромет (2012) Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем / ред. С.М. Семенов. М.: Росгидромет.

Роскосмос (2005) Федеральная космическая программа России на 2006–2015 годы. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 22.10.2005 г. № 635. <http://www.federalospace.ru/main.php?id=24> (дата обращения: 29.05.2014).

Роскосмос (2009а) Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, утвержденные Президентом Российской Федерации от 19 апреля 2013 г. № Пр-906.

Роскосмос (2009б) Роль и место космических систем в глобальных процессах становления информационного общества 21-го века (доклад Руководителя Роскосмоса А.Н. Перминова на Первом международном симпозиуме «Космос и глобальная безопасность человечества»). <http://www.roscosmos.ru/157/> (дата обращения: 21.05.2014).

Роскосмос (2012) Стратегия развития космической деятельности России до 2030 года и на дальнейшую перспективу (проект).

Роскосмос (2014) Основы государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития ее регионов на период до 2030 года.

Росстат (2011) Статистический сборник «Инвестиции в России». М.: Росстат.

Русалов М.В., Ужинов Б.М., Алфимов М.В., Громов С.П. (2010) Фотоиндуцированная рекоординация катионов металлов в комплексах с хромогенными краун-эфирами // Успехи химии. Т. 79. № 12. С. 1193–1217.

Саритас О. (2013) Технологии совершенствования человека: перспективы и вызовы // Форсайт. Т. 7. № 1. С. 6–13.

Сафин Р.Е. (2012) Игнорирование проблемы лечения больных гепатитом в РФ. Демократор.ru. 29 января. <http://democrator.ru/problem/6430> (дата обращения: 02.06.2014).

Совещание с вице-преьерами: 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 (дата обращения: 04.06.2014).

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.

Стуканов В.А. (2011) Материаловедение. М.: Форум.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 г. № 1734-р.

Третьяков Ю.Д. (2010) Нанотехнологии. М.: Физматлит.

Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. (2009) Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. Т. 78. С. 867–888.

Ушаков Е.Н., Алфимов М.В., Громов С.П. (2008) Принципы дизайна оптических молекулярных сенсоров и фотоуправляемых рецепторов на основе краун-эфиров // Успехи химии. Т. 77. № 1. С. 39–59.

Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)». Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2001 г. № 848.

Федеральная целевая программа «Развитие российских космодромов на 2006–2015 годы». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2005 г. № 2049-р.

Фостер Л. (2008) Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. М.: Техносфера.

Хаджиев С.Н. (2011) Наногетерогенный катализ – новый сектор нанотехнологий в химии и нефтехимии // Нефтехимия. Т. 51. № 1. С. 3–16.

Ханнинк Р., Хилл А. (2009) Наноструктурные материалы // М.: Техносфера.

Хокава М., Ноги К., Наито М., Йокояма Т. (2013) Справочник по технологии наночастиц. М.: Научный мир.

ЦАГИ (2006) Пилотируемая экспедиция на Марс / под ред. А.С. Коротеева. М.: Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского.

ЦАГИ (2012) Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 года и дальнейшую перспективу.

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://www.reformclub.org.ua/archive_files/Dave_Evans_rus.pdf (дата обращения: 20.03.2014).

Эрнст энд Янг (СНГ) Б.В. (2013) Нефть и газ Арктики. Ernst & Young. [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Arctic_report_rus/\\$FILE/Arctic_report_rus.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Arctic_report_rus/$FILE/Arctic_report_rus.pdf) (дата обращения: 28.05.2014).

- Ярославцев А.Б., Никоненко В.В. (2009) Ионообменные мембранные материалы: свойства, модификация и практическое применение // Российские нанотехнологии. Т. 4. № 3. С. 44–65.
- ACARE (2008) 2008 Addendum to the Strategic Research Agenda. Advisory Council for Aeronautics Research in Europe. http://ec.europa.eu/research/transport/pdf/acare_2008_addendum2_en.pdf (дата обращения: 29.05.2014).
- ACEEE (2012) The 2012 State Energy Efficiency Scorecard. American Council for and Energy-Efficient Economy. October 3. <http://www.aceee.org/research-report/e12c> (дата обращения: 17.05.2014).
- 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: 20.05.2014).
- Alliance for Regenerative Medicine (2013) Regenerative Medicine Annual Report March 2012 – March 2013. http://alliancerm.org/sites/default/files/ARM_Annual_Report_2013_Website.pdf (дата обращения: 28.05.2014).
- Amanatidou E. (2011) Grand challenges – a new framework for foresight evaluation. EU-SPRI conference papers. Manchester. 20–22 September.
- American Diabetes Association (2013) Economic Costs of Diabetes in the U.S. in 2012 // Diabetes Care. Vol. 36. April. P. 1033–1046.
- American Society for Microbiology (2012) Bringing the lab to the patient: developing point-of-care diagnostics for resource limited settings. <http://www.asm.org/index.php/colloquiumprogram/general-microbiology/91382-bringing-thelab-to-the-patient-developing-point-of-care-diagnostics-for-resource-limited-settings-2012> (дата обращения: 28.05.2014).
- APEC (2004) Nanotechnology Foresight in Asia-Pacific. Bangkok: The APEC Center for Technology Foresight.
- APEC (2013) APEC Energy Demand and Supply Outlook 2013 by APERC: The Role of Natural Gas in Energy Balance of APEC Economies for the period till 2035. Moscow: 11th Russian Petroleum & Gas Congress / RPGC 2013 27 June 2013. http://itemsk.blob.core.windows.net/cms-root/www_mioge/files/4c/4c69a0a5-2e5f-4cd1-8659-48aa5904b106.pdf (дата обращения: 05.03.2014).
- Arundel A., Sawaya D., Valeanu I. (2009) Human Health Biotechnologies to 2015 // OECD Journal: General Papers. № 11. Iss. 3. P. 113–207. http://dx.doi.org/10.1787/gen_papers-2009-5kmjkjtfxdg7 (дата обращения: 22.04.2014).
- Ashina S., Fujino J., Masui T., Ehara T., Hibino G.A. (2012) Roadmap towards a low-carbon society in Japan using backcasting methodology: Feasible pathways for achieving an 80% reduction in CO₂ emissions by 2050 // Energy Policy. Vol. 41. February 2012. P. 584–598.
- ATSE (2008) Energy and Nanotechnologies: Strategy for Australia's Future. Melbourne: Australian Academy of Technological Sciences and Engineering.
- Auvinen H., Tuominen A., Ahlqvist T. (2012) Towards long-term foresight for transport: Envisioning the Finnish transport system in 2100 // Foresight. Vol. 14. Iss. 3. June 2012. P. 191–206.
- Ballin M.G., Cotton W., Kopardekar P. (2011) Share the Sky: Concepts and Technologies That Will Shape Future Airspace Use (Conference Paper). 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, including the AIAA Balloon Systems Conference and 19th AIAA Lighter-Than-Air Technology Conference 2011; Virginia Beach, VA; United States; 20 September 2011 through 22 September 2011.

- Battelle (2011) 2012 Global R&D Funding Forecast. http://battelle.org/docs/default-document-library/2012_global_forecast.pdf (дата обращения: 22.05.2014).
- Begley J., Berkeley N.* (2012) UK policy and the low carbon vehicle sector // *Local Economy*. Vol. 27. Iss. 7. P. 705–721.
- Bhagwati J.* (2004) *In Defense of Globalization*. Oxford: Oxford University Press.
- Bloomberg New Energy Finance (2013) Global Trends in Clean Energy Investments. http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/BNEF_presentation_CEM4.pdf (дата обращения: 10.02.2014).
- Bio-Economy Technology Platforms (2008) The European Bioeconomy in 2030: Delivering Sustainable Growth by addressing the Grand Societal Challenges. <http://www.epsoweb.org/file/560> (дата обращения: 10.05.2014).
- Bohnett C.* (2012) Health 2.0 Monitoring Devices, Part I: 12 Personal Devices for Your Digital Health Lifestyle. <http://www.webpt.com/blog/post/health-20-monitoring-devices-part-i-12-personal-devices-your-digital-health-lifestyle> (дата обращения: 28.05.2014).
- BP (2012a) *BP Energy Outlook 2030*. London: BP.
- BP (2012b) *Building a Stronger, Safer BP. Sustainability Review 2011*. London: BP.
- BP (2013) *Statistical Review of the World Energy*. London: BP.
- Button K.* (2010) *Transport Economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Caesar W., Riese J., Seitz T.* (2007) Betting on Biofuels // *McKinsey Quarterly*. № 2. P. 53–63.
- 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.
- Cain J., Romanelli F., Fox B.* (2010) Pharmacy, social media, and health: Opportunity for impact // *Journal of the American Pharmacists Association*. № 50 (6). P. 745–51. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21071322> (дата обращения: 28.05.2014).
- Calof J.L.* (2008) Competitive Intelligence and the Management Accountability Framework. *Optimum Online // The Journal of Public Sector Management*. № 37 (4). P. 31–36.
- Cater Communications (2013) *Powering Up America. The Revolution Began Yesterday*. <http://poweringupamerica.com/site/wp-content/uploads/2013/07/Powering-Up-America-small2.pdf> (дата обращения: 10.06.2014).
- Ceder A.* (2007) *Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling and Practice*. Oxford: Elsevier.
- Center for Workforce Intelligence (2013) *The technology horizon: Preliminary review on technologies impacting the future health and social care workforce*. London: CfWI.
- 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 (дата обращения: 03.10.2012).
- 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 (дата обращения: 26.05.2014).
- 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 (дата обращения: 20.05.2014).

- COMODIA 2012 (2012) The Eighth International Conference on Modeling and Diagnostics for Advanced Engine Systems, Jul. 23–26, 2012, Fukuoka, Japan. <http://www.jsme.or.jp/esd/comodia/comodia2012/contacts.html> (дата обращения: 11.05.2014).
- De Palma A., Lindsey R., Quinet E., Vickerman R.* (2011) *A Handbook of Transport Economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Deloitte (2012) *Technology, Media & Telecommunications Predictions*. London: Deloitte. https://www.deloitte.com/assets/Dcom-Global/Local%20Content/Articles/TMT/TMT%20Predictions%202012/16264A_TMT_Predict_sg6.pdf (дата обращения: 19.03.2014).
- Denef S. et al.* (2011) *ICT Trends in European Policing*. Composite Project. http://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/composite_d41.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- 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: 17.04.2014).
- Ernst & Young (2012) *Smart Grid: a race worth winning?* London: Ernst & Young.
- ERRAC (2007) *Strategic Rail Research Agenda 2020*. The European Rail Research Advisory Council. http://demo.oxalis.be/errac/errac_website/wp-content/uploads/2013/06/SRRA-2007.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- ERRAC (2013a) *ERRAC Work Package 02: Encouraging Long-distance Modal Shift & De-congesting Transport Corridors: The passenger roadmap*. The European Rail Research Advisory Council. http://demo.oxalis.be/errac/errac_website/wp-content/uploads/2013/06/wp02_passenger_roadmap_final_draft_15102012_v1.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- ERRAC (2013b) *ERRAC Work Package 05: Strengthening Competitiveness*. The European Rail Research Advisory Council. http://demo.oxalis.be/errac/errac_website/wp-content/uploads/2013/06/wp05_final_roadmap_reportv6_3.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- ERRAC (2013c) *Rail Route 2050: The Sustainable Backbone of the Single European Transport Area*. The European Rail Research Advisory Council. <http://www.errac.org/wp-content/uploads/2013/11/D9-SRRA-RAILROUTE2050.pdf> (дата обращения: 26.05.2014).
- ERTRAC (2009) *ERTRAC Road Transport Scenario 2030+“Road to Implementation”*. European Road Transport Research Advisory Council.
- ERTRAC (2010a) *ERTRAC Strategic Research Agenda 2010. Towards a 50 more efficient road transport system by 2030*. European Road Transport Research Advisory Council. http://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id22/ERTRAC_SRA_2010_Technical_document.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- ERTRAC (2010b) *European Roadmap Electrification of Road Transport. 2nd Edition*. European Road Transport Research Advisory Council. http://www.egvi.eu/uploads/Modules/Publications/electrification_roadmap_web.pdf (дата обращения: 30.05.2014).
- ESA (2012a) *Technology Unlocking Tomorrow*. Paris: European Space Agency.
- ESA (2012b) *Annual report 2012*. Paris: European Space Agency. <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/Annual-Report-2012/> (дата обращения: 26.05.2014).
- ESA (2013a) *All about ESA. Space for Europe*. Paris: European Space Agency. <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/AE-EN-2013/> (дата обращения: 26.05.2014).
- ESA (2013b) *The ESA Technology Tree. Version 3.0*. Paris: European Space Agency. <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/STM-277/> (дата обращения: 30.05.2014).
- EU-Russia Energy Dialogue (2011) *Energy Forecasts and Scenarios 2009–2010 Research. Final Report*. Moscow: Publishing House “Economica, Stroitelstvo, Transport”.

- European Commission (2006) Roadmaps at 2015 on Nanotechnology Application in the Sectors of Materials, Health & Medical Systems, Energy. Roma: AIRI / Nanotec IT.
- 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 (дата обращения: 19.03.2014).
- European Commission (2009a) Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005–2009. Second Implementation Report 2007–2009. Brussels: Commission of the European Communities. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/actionplan.htm> (дата обращения: 16.04.2014).
- European Commission (2009b) 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) Beyond Vision 2020 (Towards 2050). A Background Document from ACARE (The Advisory Council for Aeronautics Research in Europe). Brussels. http://www.gppq.fct.pt/h2020/_docs/brochuras/transportes/A%20Back-ground%20Document%20from%20ACARE.pdf (дата обращения: 29.05.2014).
- European Commission (2010b) European Forward Looking Activities. EU Research in Foresight and Forecast. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010c) Facing the future: time for the EU to meet global challenges. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010d) Concentrating Solar Power: From Research to Implementation. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010e) Critical Raw Materials for EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010f) Strategic Research Agenda 2010 Update: Innovation Driving Sustainable Biofuels. European Biofuels Technology Platform. http://www.biofuelstp.eu/srasdd/SRA_2010_update_web.pdf (дата обращения: 13.05.2013).
- European Commission (2011a) A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology. European Photovoltaic Technology Platform. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2011b) Flightpath 2050: Europe's Vision for Aviation. Report of the High Level Group on Aviation Research. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://ec.europa.eu/transport/modes/air/doc/flightpath2050.pdf> (дата обращения: 29.05.2014).
- European Commission (2011c) ICT Updated Work Programme 2011–2012. Cooperation. Theme 3. http://cordis.europa.eu/fp7/ict/docs/3_2012_wp_cooperation_update_2011_wp_ict_en.pdf (дата обращения: 24.04.2014).
- European Commission (2011d) Infrastructure for Alternative Fuels. Report of the European Expert Group on Future Transport Fuels. http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cts/future-transport-fuels_en.htm (дата обращения: 20.02.2014).
- European Commission (2011e) The ICT Landscape in BRICS Countries: Brazil, India, China. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2013) Horizon 2020. Work programme 2014–2015. Smart, green and integrated transport. http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-transport_en.pdf (дата обращения: 26.05.2014).

- European Parliament / European Council (2009) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union. 5.6.2009.
- European Parliament / European Council (2012) Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal of the European Union. 14.11.2012.
- European Parliament / European Council (2012) Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels.
- European Parliament / European Council (2013) Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels (COM (2011) 0439 – C7-0199/2011–2011/0190 (COD)).
- Euro-Peristat (2013) European Perinatal Health Report: The Health and Care of Pregnant Women and their Babies in Europe in 2010. Luxembourg.
- EU-Russia Energy Dialogue (2011) Energy Forecasts and Scenarios 2009–2010 Research. Final Report. Moscow: Publishing House "Economica, Stroitelstvo, Transport".
- Evensberget D. et al.* (2011) An Interdisciplinary Approach to Human-Robotic Cooperation in Mars Exploration. 62nd International Astronautical Congress 2011, IAC 2011; Cape Town; South Africa; 3 October 2011 through 7 October 2011.
- ExxonMobil (2013) The Outlook for Energy: A View to 2040. <http://www.exxonmobil.com/energyoutlook> (дата обращения: 17.05.2014).
- Farrell D., Nyquist S., Rogers M.* (2007) Curbing the Growth of Global Energy Demand // McKinsey Quarterly. № 1. P. 21–55.
- Federal Ministry of Education and Research (2011) National Research Strategy BioEconomy 2030. Berlin. http://www.bmbf.de/pub/bioeconomy_2030.pdf (дата обращения: 10.05.2014).
- 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: 29.05.2014).
- Foresight Vehicle consortium (2002) Foresight Vehicle Technology Roadmap. London.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2013) Global Trends in Renewable Energy Investment 2013. Frankfurt am Main: Frankfurt School of Finance & Management.
- Future Markets (2013a) NanoCoatings: The Global Market to 2020.
- Future Markets (2013b) The Global Nanotechnology and Nanomaterials Industry: Stage of Development, Global Activity and Market Opportunities.
- Fujitsu/Microsoft (2011) Key ICT Trends and Priorities // Insights Quarterly. Vol. 1. № 3.
- GALILEO and EGNOS (2008) Europe's Satellite Navigation Programmes. http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/files/brochures-leaflets/yellow-brochure_en.pdf (дата обращения: 27.05.2014).
- GAO (2014) Nanomanufacturing: Emergence and Implications for U.S. Competitiveness, the Environment, and Human Health. Washington: United States Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/assets/670/660591.pdf> (дата обращения: 25.02.2014).

- Gartner (2006) Emerging Trends in ICT 2010–2015. Yeppoon, Queensland. http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/IN7B0/1/material_docente/objeto/200134 (дата обращения: 29.02.2014).
- Gartner (2012a) Hype Cycle for Big Data. <http://www.gartner.com/technology/research/big-data/> (дата обращения: 17.03.2014).
- 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.
- Government Office for Science (2007) Tackling Obesities: Future Choices. London. http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/obesity/obesity_review_final_jp_110310.pdf (дата обращения: 28.05.2014).
- Government Office for Science (2008) Mental Capital and Wellbeing: Making the most of ourselves in the 21st century. London. <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/mental-capital/mentalcapitalwellbeingexecsum.pdf> (дата обращения: 28.05.2014).
- 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: Roadmap 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 (дата обращения: 17.05.2014).
- Hensher D., Button K.* (2005) *Handbook of Transport Strategy, Policy & Institutions / Handbooks in Transport*. Vol. 5. Amsterdam: Elsevier.
- Hensher D., Button K., Haynes K., Stopher P.* (2004) *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems / Handbooks in Transport*. Vol. 5. Amsterdam: Elsevier.
- Holden E., Gilpin G.* (2013) Biofuels and sustainable transport: A conceptual discussion. Vol. 5. Iss. 7. P. 3129–3149.
- Hollow M.* (2013) Confronting a new 'Era of Duplication'? 3D Printing, Replicating Technology, and the Search for Authenticity / 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 (дата обращения: 17.05.2014).
- Horneck G. et al.* (2012) The Theseus Roadmap: Towards Human Exploration of Space. 63rd International Astronautical Congress 2012; Naples; Italy; 1 October 2012 through 5 October 2012. Vol. 1. P. 147–149. IBM (2012) Connected generation: Perspectives from tomorrow's leaders in a digital world. Endicott: IBM Institute for Business Value. 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).
- IBM (2013) Memorial Sloan-Kettering Cancer Center: IBM Watson helps fight cancer with evidence-based diagnosis and treatment suggestions. http://www-03.ibm.com/innovation/us/watson/pdf/MSK_Case_Study_IMC14794.pdf (дата обращения: 28.05.2014).

- IDF (2013) IDF Diabetes Atlas. 6th edition. Brussels: International Diabetes Federation. http://www.idf.org/sites/default/files/EN_6E_Atlas_Full_0.pdf (дата обращения: 28.05.2014).
- 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/T23010000090001PDFE.pdf (дата обращения: 17.04.2014).
- JAXA (2005) JAXA Vision "JAXA 2025". Токуо: Japan Aerospace Exploration Agency. http://www.jaxa.jp/about/index_e.html (дата обращения: 18.04.2014).
- KISTEP (2012) 10 Future Technologies. Seoul: KISTEP.
- Komlev S.* (2012) The Oil-to-Gas Dash in the Transportation Sector – Revolutionary Implications for Europe. View from Gazprom Export. 5th German–Russian "Rohstoff-Konferenz". April 12, 2012, Nurnberg.
- Kutz M.* (2011a) Handbook of Transportation Engineering. Vol. I: Systems and Operations. New York: McGraw-Hill.
- Kutz M.* (2011b) Handbook of Transportation Engineering. Vol. II: Applications and Technologies. New York: McGraw-Hill.
- Loveridge D., Georghiou L., Nedeva M.* (1995) United Kingdom Foresight Programme. PREST. University of Manchester.
- Lu M., Tegart G.* (2008) Energy and Nanotechnologies: Strategies for Australia's Future. Melbourne: Australian Academy of Technological Sciences and Engineering.
- McKinsey Global Institute (2010) The Internet of Things. McKinsey Quarterly. http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/the_internet_of_things (дата обращения: 17.03.2014).
- 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 (дата обращения: 17.03.2014).
- 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 (дата обращения: 17.03.2014).
- 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 (дата обращения: 17.03.2014).
- McKinsey Global Institute (2013c) Resource Revolution: Tracking global commodity markets. Trends survey 2013.
- Medical Research Council (2012) A Strategy for UK Regenerative Medicine. <http://www.mrc.ac.uk/Utilities/Documentrecord/index.htm?d=MRC008534> (дата обращения: 22.01.2014).
- 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.
- Ministry of Industry, Tourism and Commerce of Spain (2010) Spain's National Renewable Energy Action Plan. 2011–2010.

- 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+landscape+and+roadmaps.pdf> (дата обращения: 28.05.2014).
- Naeher U., Suzuki S., Wiseman B.* (2012) The evolution of business models in a disrupted value chain. McKinsey&Company. http://www.mckinsey.com/client_service/semiconductors/latest_thinking/the_evolution_of_business_models_in_a_disrupted_value_chain (дата обращения: 13.05.2014).
- NASA (2010) National Space Policy of the United States of America. Washington. http://www.nasa.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- NASA (2011) 2011 NASA Strategic Plan. Washington: National Aeronautics and Space Administration.
- NASA (2014a) NASA Strategic Plan 2014. Washington. http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/2014_NASA_Strategic_Plan.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- NASA (2014b) NASA's Socio-Economic Impacts Aligned with the 2014 Strategic Plan. Washington. http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/NASA_Socioeconomic_Impacts_Final.pdf (дата обращения: 26.05.2014).
- NIC (2012) Global Trends 2030: Alternative Worlds. December 2012. The National Intelligence Council.
- NISTEP (2005a) Comprehensive Analysis of Science and Technology Benchmarking and Foresight. NISTEP report № 99. Tokyo. <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep099e/pdf/rep099e.pdf> (дата обращения: 26.05.2014).
- NISTEP (2005b) 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 (дата обращения: 18.05.2014).
- 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-SummaryE.pdf> (дата обращения: 28.05.2014).
- NISTEP (2010c) The 9th Science and Technology Foresight – Contribution of Science and Technology to Future Society. NISTEP report № 140. Tokyo: NISTEP.
- NRC-IAR/NRC-CSTT (2008) Canadian Aerospace Environmental Technology Roadmap. Ottawa: Institute for Aerospace Research, Centre for Surface Transportation Technology.
- NREL (2011) Renewable Electricity Futures Study. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- NREL (2013) Realising a Clean Energy Future: Highlights of NREL Analysis. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/BR-6A20-60894.
- NSTC (2011) The National Nanotechnology Initiative. Strategic Plan. Washington: National Science and Technology Council. <http://www.nano.gov/node/581> (дата обращения: 31.05.2014).
- OECD (2006) Infrastructure to 2030. Telecom, Land Transport, Water and Electricity. Paris: OECD. http://www.oecd-ilibrary.org/economics/infrastructure-to-2030_9789264023994-en (дата обращения: 20.05.2014).

- OECD (2008a) Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050. Paris: OECD.
- OECD (2008b) OECD Environmental Outlook to 2030. The Consequences of Inaction. Paris: OECD. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2030_9789264040519-en (дата обращения: 18.05.2014).
- OECD (2009) The Bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Paris: OECD. http://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en (дата обращения: 20.05.2014).
- OECD (2010) The OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow. Paris: OECD.
- OECD (2011a) OECD Future Prospects for Industrial Biotechnology. Paris: OECD.
- OECD (2011b) OECD Green Growth Studies: Energy. Paris: OECD.
- OECD (2011c) OECD Reviews of Innovation Policy: Russian Federation. Paris: OECD.
- OECD (2012a) A Comparative Analysis of Health Forecasting Methods // OECD Health Working Paper № 59. Paris: OECD Publications Service. [http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DELSA/HEA/WD/HWP\(2012\)2&docLanguage=En](http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DELSA/HEA/WD/HWP(2012)2&docLanguage=En) (дата обращения: 20.05.2014).
- OECD (2012b) European Network for the Research on the Economic Impact of ICT. Paris: OECD.
- OECD (2012c) Looking to 2060: Long-term global growth prospects. OECD Economic Policy Papers. № 3.
- OECD (2012d) Nuclear Energy Today. Second Edition. Issy-les-Moulineaux: OECD Nuclear Energy Agency.
- OECD (2012e) OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction. Paris: OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050/health-and-environment_env_outlook-2012-9-en (дата обращения: 01.06.2014).
- OECD (2012f) OECD Handbook on Measuring the Space Economy. Paris: OECD.
- OECD (2012g) OECD Innovation Strategy. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/site/innovation-strategy> (дата обращения: 02.06.2014).
- OECD (2012h) OECD Reviews of Health Systems: Russian Federation 2012. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264168091-en> (дата обращения: 03.06.2014).
- OECD (2012i) Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030. Paris: OECD. http://www.oecd-ilibrary.org/economics/strategic-transport-infrastructure-needs-to-2030_9789264114425-en (дата обращения: 20.05.2014).
- OECD (2012j) Sustainable Material Management. Green Growth Policy Brief. OECD.
- OECD (2012k) Uranium 2011: Resources, Production and Demand. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. Issy-les-Moulineaux: OECD Nuclear Energy Agency.
- OECD (2013a) Cancer Care: Assuring Quality to Improve Survival. Paris: OECD Health Policy Studies, OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/cancer-care_9789264181052-en (дата обращения: 22.05.2014).
- OECD (2013b) Health at a Glance 2013: OECD indicators. Paris: OECD.
- OECD (2013c) Marine Biotechnology: Enabling Solutions for Ocean Productivity and Sustainability. Paris: OECD Publishing.

- OECD (2013d) ICTs and the Health Sector: Towards Smarter Health and Wellness Models. http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/icts-and-the-healthsector_9789264202863-en (дата обращения: 22.05.2014).
- OECD (2013e) Nanotechnology for Green Innovation. Paris: OECD. [http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=DSTI/STP/NANO\(2013\)3/FINAL&docLanguage=En](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=DSTI/STP/NANO(2013)3/FINAL&docLanguage=En) (дата обращения: 25.02.2014).
- OECD (2013f) New Sources of Growth: Knowledge-Based Capital Driving Investment and Productivity in the 21st Century. Paris: OECD.
- OECD (2013g) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2013h) OECD's Work on Sustainable Materials & Waste Management. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/environment/waste/> (дата обращения: 05.03.2014).
- OECD (2013i) Responsible Development of Nanotechnology. Paris: OECD. [http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=dsti/stp/nano\(2013\)9/final&doclanguage=en](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=dsti/stp/nano(2013)9/final&doclanguage=en) (дата обращения: 25.05.2014).
- OECD (2013j) 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: 28.05.2014).
- OECD / European Commission (2013) A Good Life in Old Age? Monitoring and Improving Quality in Long-term Care. Paris: OECD Health Policy Studies, OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/a-good-life-in-old-age_9789264194564-en (дата обращения: 22.05.2014).
- OECD/IEA (2003) Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future. Paris: IEA. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-to-2050-scenarios-for-a-sustainable-future_9789264019058-en (дата обращения: 20.05.2014).
- OECD/IEA (2009) Technology Roadmap. Wind Energy. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2010) Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios and Strategies to 2050. Paris: IEA. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-technology-perspectives-2010_energy_tech-2010-en (дата обращения: 20.05.2014).
- OECD/IEA (2011a) OECD Green Growth Studies: Energy. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2011b) Technology Roadmap: Biofuels for transport. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2011c) Technology Roadmap: Smart Grids. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2012a) Energy Technology Perspective 2012: Pathways to a Clean Energy System. Paris: OECD.
- OECD/IEA (2012b) Golden Rules for a Golden Age of Gas: Special Report on Unconventional Gas. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2012c) Tracking Clean Energy Progress. Paris: OECD.
- OECD/IEA (2012d) World Energy Outlook 2012. Paris: IEA. <http://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/130326FutureEnergyTrendsWE02012NZrev.pdf> (дата обращения: 01.02.2014).
- OECD/IEA (2013a) Energy Efficiency Market Report 2013. Market Trends and Medium Term Prospects. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2013b) Tracking Clean Energy Progress 2013. IEA Input to the Clean Energy Ministerial. Paris: IEA. http://www.iea.org/publications/TCEP_web.pdf (дата обращения: 11.05.2014).

- OECD/IEA (2013c) World Energy Outlook 2013. Paris: IEA. <http://www.iea.org/Textbase/nps-sum/WE02013SUM.pdf> (дата обращения: 10.05.2014).
- Oikonomou V., Becchis F., Stegc L., Russolillo D.* (2009) Energy saving and energy efficiency concepts for policymaking // *Energy Policy*. Vol. 37. P. 4787–4796.
- Oil & Gas UK (2012): Oil & Gas UK: the voice of the offshore industry. 2012 Economic report.
- Olsson L., Hjalmarsson L.* (2012) Policy for biomass utilisation in energy and transport systems – The case of biogas in Stockholm, Sweden. World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference; Denver. 13 May 2012 through 17 May 2012.
- Onuki M.* (2012) User community development for suborbital space flight opportunities in Japan. 63rd International Astronautical Congress 2012, IAC 2012; Naples; Italy; 1 October 2012 through 5 October 2012. Vol. 14. P. 11247–11251.
- OPEC (2011) World Oil Outlook. Vienna: Organization of the Petroleum Exporting Countries.
- Ortuzar J.D., Willumsen L.G.* (2011) Modelling Transport. Chichester: John Wiley & Sons.
- PMC (2011) The Case for Personalized Medicine. 3rd ed. Washington: Personalized Medicine Coalition. http://www.personalizedmedicinebulletin.com/files/2011/11/Case_for_PM_3rd_edition1.pdf (дата обращения: 27.05.2014).
- PWC (2012) Technology Forecast 2012 // Quarterly Journal. Iss. 2. <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2012/issue2/download.jhtml> (дата обращения: 17.04.2014).
- RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020: In-Depth Analysis. Technical Report. Santa Monica, Arlington, Pittsburg: RAND Corporation.
- Resnik Institute (2011) Critical Materials for Sustainable Energy Application. Pasadena, CA: California Institute of Technology.
- Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B.* (2009) The Geography of Transport Systems. New York: Routledge.
- Rodrik D.* (2011) The Globalization Paradox. New York, London: Norton & Company, Inc.
- Roggers R.E., Ramurthy M., Rodvelt G.* (2007) Coalbed Methane: Principles and Practices. Starkville: Oktibbeha Publishing.
- 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: 17.04.2014).
- Shell (2001) Exploring the Future: Energy Needs, Choices and Possibilities. Scenarios to 2050. Hague: Shell.
- Shell (2008) Shell Energy Scenarios to 2050. Hague: Shell.
- Sieminski A.* (2013) Outlook for Shale Gas and Tight Oil Development in the U.S. FLAME Natural Gas & LNG Conference. Amsterdam, 13 March 2013.
- Small K., Verhoef E.* (2007) The Economics of Urban Transportation. London: Routledge (part of the Taylor & Francis Group).
- 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.

- Song J. et al.* (2013) Regeneration and Experimental Orthotopic Transplantation of a Bioengineered Kidney // *Nature Medicine*. № 19. P. 646–651.
- Statoil (2013) *Energy Perspectives 2013. Long-term macro and market outlook*.
- Stiglitz J.E.* (2007) *Making Globalization Work*. New York: Norton.
- Suh I.-S., Kim J.* (2013) Electric vehicle on-road dynamic charging system with wireless power transfer technology. *Proceedings of the 2013 IEEE International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2013*.
- Technology Strategy Board (2011) *Concept to Commercialisation. A Strategy for Business Innovation, 2011–2015*. Swindon: Technology Strategy Board.
- The White House (2012) *National Bioeconomy Blueprint*. Washington.
- UCTE (2007) *UCTE System Adequacy Forecast 2007–2020*. Brussels: Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity.
- UNEP (2009) *Recycling – From E-waste to Resources. Solving the E-waste Problem. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies*. Paris: UNEP.
- UNIDO (2005) *UNIDO Technology Foresight Manual*. Vienna: UNIDO.
- U.S. Department of Energy (2002) *National Hydrogen Energy Roadmap*. Washington: U.S. DOE.
- U.S. Department of Energy (2007) *Productive Nanosystems. A Technology Roadmap*. Washington: Battelle Memorial Institute and Foresight Nanotech.
- U.S. Department of Energy / U.S. Department of Homeland Security (2006) *Roadmap to Secure Control Systems in the Energy Sector*. Columbia: Energetics Inc.
- U.S. Department of Energy / U.S. Energy Information Administration (2012) *Annual Energy Outlook 2012 with Projections to 2035*. DOE/EIA-0383 (2012).
- U.S. Department of Energy / U.S. Energy Information Administration (2013) *Annual Energy Outlook 2013*. Washington: U.S. DOE.
- U.S. Nuclear Energy Research Advisory Committee / Generation IV International Forum (2002) *A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems*. <http://www.gen-4.org/PDFs/GenIVRoadmap.pdf> (дата обращения: 30.05.2014).
- Vallerani E., Viola N., Viscio M.A.* (2012) Itinerant human outpost for future space exploration. 63rd International Astronautical Congress 2012, IAC 2012; Naples; Italy; 1 October 2012 through 5 October 2012. Vol. 11. P. 9100–9109.
- Waterborne (2011) *Strategic Research Agenda. Implementation Waterborne Transport & Operations. Key for Europe's Development and Future. Route map issue 2 – may 2011*. <http://C:/Users/user/Downloads/WIRM+2011+print.pdf> (дата обращения: 26.05.2014).
- Waterborne (2012) *VISION 2025. Waterborne Transport & Operations Meeting the Challenges through Ambitious Innovation*. <http://C:/Users/user/Downloads/Vision+2025+.pdf.pdf> (дата обращения: 26.05.2014).
- WEC (2011) *Global Transport Scenarios 2050*. London: World Energy Council.
- WEC (2013) *World Energy Resources 2013 Survey*. London: World Energy Council.
- Wiedmann O. et al.* (2013) The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. August 1. Early edition. <http://www.pnas.org/content/early/2013/08/28/1220362110.abstract> (дата обращения: 12.05.2014).
- WHO (2011a) *Cardiovascular diseases. Fact sheet № 317*. September. Geneva: World Health Organization. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/index.html> (дата обращения: 27.05.2014).

- WHO (2011b) Global Information System on Alcohol and Health. Geneva: World Health Organization. <http://apps.who.int/gho/data/view.main?showonly=GISAH> (дата обращения: 22.05.2014).
- WHO (2011c) Health technology assessment of medical devices. Geneva: World Health Organization. http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241501361_eng.pdf (дата обращения: 27.05.2014).
- WHO (2011d) Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). Fact sheet № 315. Geneva: World Health Organization. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs315/en/index.html (дата обращения: 22.04.2014).
- WHO (2011e) Mental Health Atlas 2011. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2012) World Health Statistics 2012. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2013a) World Health Statistics 2013: A Wealth of Information on Global Public Health. Geneva: World Health Organization. <http://apps.who.int/iris/handle/10665/82058> (дата обращения: 22.04.2014).
- WHO (2013b) Mental health action plan 2013–2020. Geneva: World Health Organization. <http://apps.who.int/iris/handle/10665/89966> (дата обращения: 22.04.2014).
- WHO / Alzheimer Disease International (2012) Dementia: A Public Health Priority. Geneva: World Health Organization.
- World Economic Forum (2011) The Global Information Technology Report 2010–2011. Geneva: World Economic Forum, INSEAD.
- Xu Z.Q. *et al.* (2013) A nanomaterial-based breath test for distinguishing gastric cancer from benign gastric conditions // *British Journal of Cancer*. № 108 (4). P. 941–50.

Прогноз научно-технологического развития России: 2030

Редактор *М.Ю. Соколова*

Художник *П.А. Шелегеда*

Компьютерный макет:

О.Г. Егин, В.В. Пучков

Подписано в печать 08.07.2014.

Формат 60×90 $\frac{1}{8}$. Печ. л. 30.5.

Тираж 500 экз.

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