



Министерство образования и науки
Российской Федерации



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Институт статистических исследований
и экономики знаний

Прогноз научно-технологического развития России: 2030



Рациональное природопользование



prognoz2030.hse.ru



Министерство образования и науки
Российской Федерации



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Институт статистических исследований
и экономики знаний

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



Рациональное природопользование

Москва 2014

УДК 502
ББК 65.04
П78

Авторы:

Н.Н. Алексеева, Л.А. Вайсберг, А.Ю. Гребенюк, С.А. Добролюбов,
Л.Н. Карлин, Н.С. Касимов, А.В. Соколов, А.В. Соколова, А.А. Чулок

*Авторский коллектив выражает искреннюю благодарность
за значительный вклад в экспертизу представленных в докладе материалов:
Н.С. Бортникову, Р.М. Вильфанду, А.А. Тишкову, В.А. Чантурии.*

Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Рациональное природопользование
П78 / под. ред. Л.М. Гохберга, Н.С. Касимова. – Москва : Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 48 с.
ISBN 978-5-906737-09-0

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

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

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

Выполненная работа была сфокусирована на семи приоритетных направлениях развития науки и технологий. В данной публикации представлены материалы по приоритетному направлению «Рациональное природопользование».

В докладе использованы материалы следующих организаций:

- Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;
- Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;
- технологических платформ («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 заинтересованных организаций.

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

УДК 502
ББК 65.04

ISBN 978-5-906737-09-0

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

Содержание

Аббревиатуры.....	4
Введение	5
Методические комментарии.....	12
1. Вызовы и окна возможностей.....	13
2. Перспективные рынки, продукты и услуги	17
3. Перспективные направления научных исследований.....	31
3.1. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности	32
3.2. Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	34
3.3. Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья	36
3.4. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики	39
Список литературы	42

Аббревиатуры

ГИС	Геоинформационная система
ЕС	Европейский союз
ИиР	Исследования и разработки
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
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.
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO)

«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.

Введение

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 детальные результаты, был согласован с заинтересованными министерствами и ведомствами (Минкомсвязи России, Минздравом России, Минтрансом России, Минфином России, Минэкономразвития России, Минпромторгом России, Минприроды России, Минэнерго России, Роскосмосом), Российской академией наук и одобрен на заседании Межведомственной комиссии по технологическому прогнозированию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию 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 Председателем Правительства Российской Федерации на совещании с вице-премьерами 20 января 2014 г. [Совещание с вице-премьерами, 2014].

В настоящем докладе представлены подробные результаты ПНТР по приоритетному направлению «Рациональное природопользование».

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

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).



Одна из первоочередных задач, стоящих перед Россией, – поиск новых источников экономического роста, который невозможен без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих выход на формирующиеся высокотехнологические рынки. Перевод российской экономики на инновационные рельсы предполагает опережающую динамику высокотехнологичных отраслей промышленности и сферы услуг и радикальное повышение их конкурентоспособности, что требует дальнейшего совершенствования научно-технической и инновационной политики, повышения качества ее информационного и методического обеспечения, усиления доказательной базы³.

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

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

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

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

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

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.

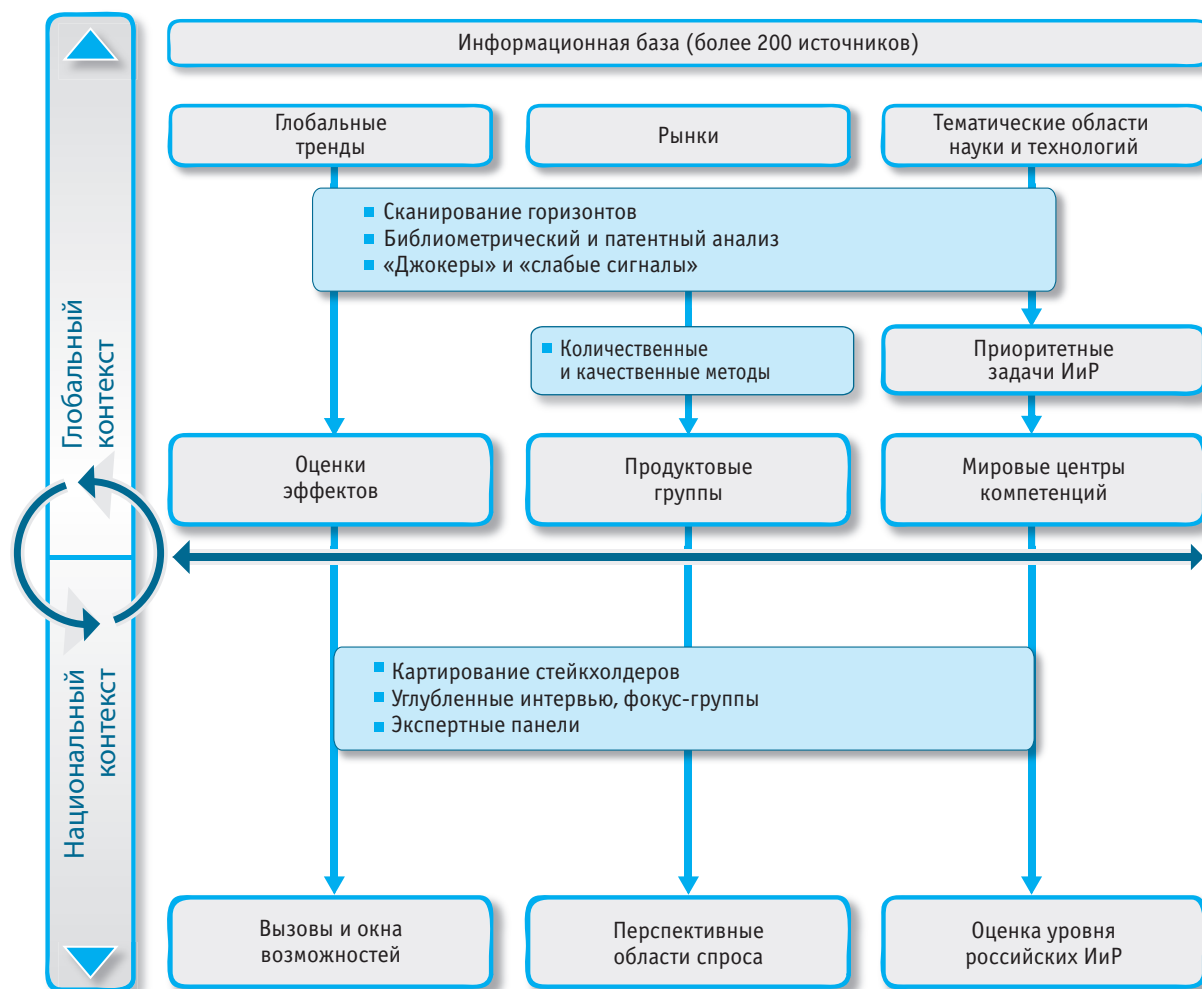


- ных исследований и разработок, реализация которых необходима для появления выделенных групп инновационных продуктов и услуг;
- дана оценка состояния отечественных исследований в этих областях: выявлены «белые пятна», а также зоны паритета и лидерства, которые могут стать основой для интеграции в международные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

Организация и методология выполнения работ

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

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



Источник: НИУ ВШЭ.



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

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

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

Источники информации для подготовки прогноза

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

- аналитические исследования и прогнозы международных организаций (ОЭСР, Европейской комиссии, ООН, ЮНИДО, Всемирного банка, Международного энергетического агентства 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 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,

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



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

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

Инфраструктура прогноза

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

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

Обсуждение и валидация результатов прогноза

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

- Future-oriented Technology Analysis (май 2011 г., Севилья);
- 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);
- XIII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2012 г., Москва);
- Innovative Methods for Innovation Management (май 2012 г., Пекин);



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

Использование результатов прогноза

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

Отдельные результаты ПНТР были использованы при:

- разработке Прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 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 использо-

⁵ Утвержден Правительством Российской Федерации 25 марта 2013 г.

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



вания возможностей федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием⁷;

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

Результаты ПНТР могут быть использованы:

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

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

* * *

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

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

Методические комментарии

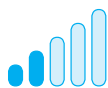
Для выбора приоритетов прикладной науки, направленных на создание научно-технологических заделов, применялся ряд критериев. К приоритетным были отнесены исследования, которые:

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

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



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



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



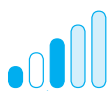
«возможность альянсов» – наличие отдельных конкурентоспособных коллективов, осуществляющих исследования на высоком уровне и способных на равных сотрудничать с мировыми лидерами;



«паритет» – уровень российских исследований не уступает мировому;



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



оценки экспертов находятся в диапазоне между несколькими значениями.



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 эта 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. 2 представлены вызовы и окна возможностей, которые определяют перспективы развития приоритетного направления «Рациональное природопользование».

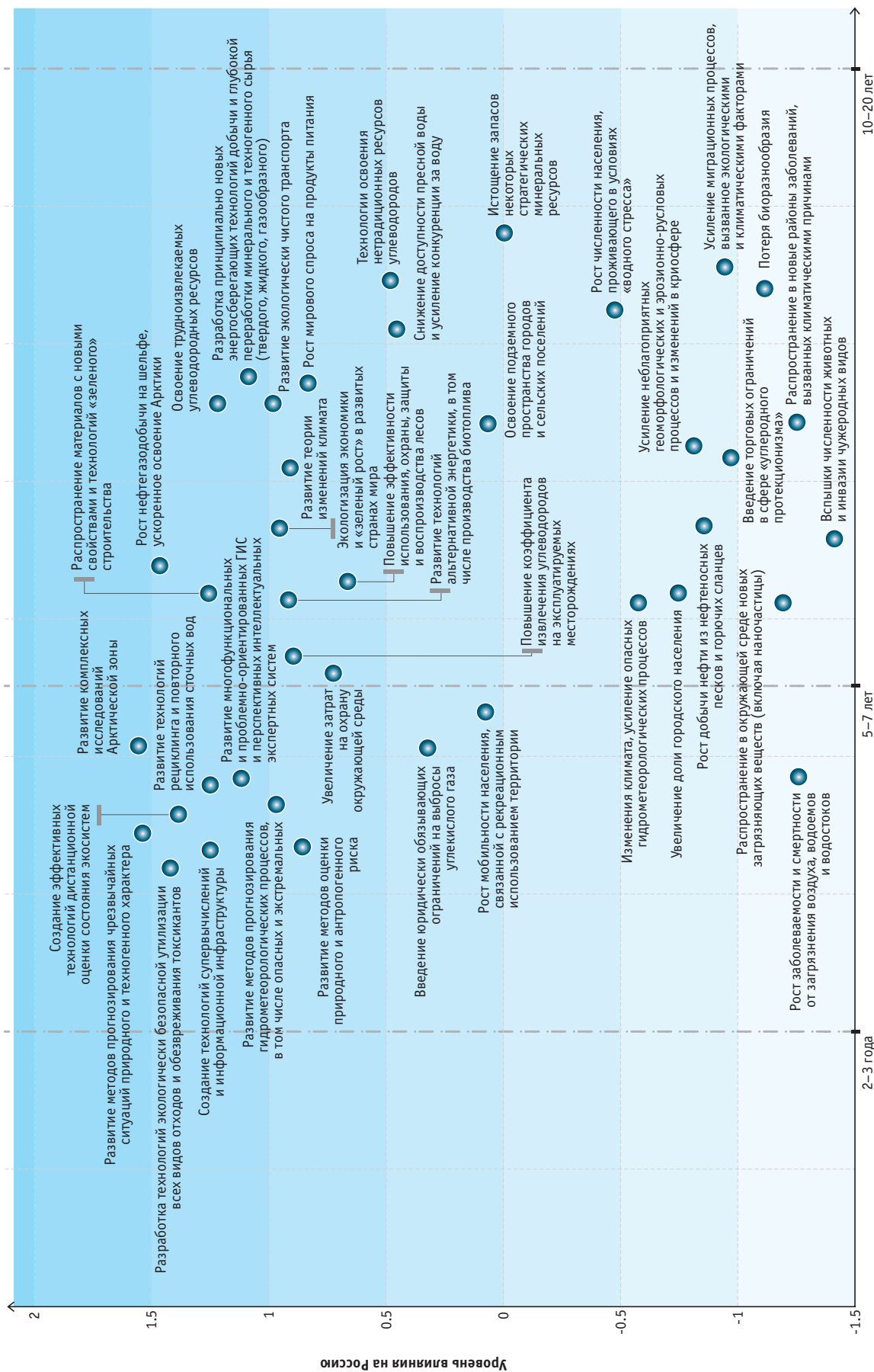
Рост заболеваемости и смертности от загрязнения воздуха – один из ключевых глобальных вызовов современности. Более миллиарда городских жителей Земли подвержены воздействию опасно загрязненного воздуха, приводящему к непоправимому ущербу для здоровья. Сокращение объемов выбросов загрязняющих веществ в 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,



Рис. 2. Рациональное природопользование: вызовы и окна возможностей



Источник: НИУ ВШЭ.



как система медико-биологического мониторинга. Выявление регионов, находящихся в зоне риска возникновения новых заболеваний, возможно на основе моделирования изменений 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. Требуются 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.



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, соответствующие 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. 1). Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отображены на рис. 3.

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.

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.



Табл. 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 техногенного и природного 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 эколого-ресурсным 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>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	<p>Возможности для раннего обнаружения условий, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций</p> <p>Сокращение экономических потерь от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера</p> <p>Повышение безопасности производственных и энергетических объектов</p>
Услуги по информационно-аналитическому обеспечению охраны окружающей среды и экологической безопасности	Услуги по информационно-аналитическому обеспечению охраны окружающей среды и экологической безопасности	<p>Повышение качества информации для принятия управленческих решений</p> <p>Повышение эффективности мероприятий по сохранению биоразнообразия и поддержанию качества окружающей среды</p> <p>Улучшение качества среды проживания населения</p>
Оборудование и материалы для проведения геологоразведочных работ	<p>Геофизическое и буровое оборудование для:</p> <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	<p>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</p> <p>Системы освоения морских месторождений нефти и газа</p> <p>Оборудование для сверхглубокого (до 15 км) бурения</p> <p>Системы и методы повышения отдачи пластов, включая направленное изменение их коллекторских свойств, в том числе на истощенных месторождениях углеводородов и месторождениях низконапорного газа</p>	<p>Повышение уровня извлечения полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Снижение ресурсо- и энергоемкости добычи</p> <p>Повышение экологической безопасности предприятий добывающей промышленности</p>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	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.	
Оборудование и материалы для повышения эффективности переработки полезных ископаемых	Системы селективной дезинтеграции Системы предварительной концентрации полезного компонента Системы комплексной и глубокой переработки минерального сырья	Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов) Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов их переработки
Поиск и разведка полезных ископаемых	Поиск и разведка полезных ископаемых	Повышение эффективности разведки полезных ископаемых Сокращение экономических издержек при поиске полезных ископаемых
Добыча полезных ископаемых	Добыча полезных ископаемых	Повышение уровня извлечения полезных ископаемых (в том числе углеводородов) Повышение энергосбережения Повышение экологической безопасности
Обогащение и переработка полезных ископаемых	Обогащение и переработка полезных ископаемых	Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов) Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов переработки Сокращение объема отходов добывающей промышленности
Оборудование и инфраструктура для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	Мобильные и стационарные комплексы для очистки территорий, внутренних и морских акваторий от углеводородных (нефтяных) загрязнений Комплексы оперативно-диспетчерского управления и различных средств ведения спасательных работ и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	Снижение негативных последствий чрезвычайных ситуаций



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
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>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>	<p>Увеличение объема и повышение качества очистки вод</p> <p>Появление дополнительных источников ресурсов, полученных из сточных вод</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>



(продолжение)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
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	Сырье и продукция на основе переработки твердых бытовых отходов	Снижение ресурсоемкости производства
	Сырье и продукция на основе отходов добычи и переработки полезных ископаемых	Снижение негативного воздействия на окружающую среду
	Удобрения из осадков сточных вод Очищенная вода для промышленных, сельскохозяйственных и других нужд	
Экологически чистые материалы и продукты	Продукция органического сельского хозяйства	Улучшение здоровья и качества жизни населения, снижение уровня заболеваемости, вызванной использованием синтетических продуктов питания
	Строительные материалы с новыми свойствами (в том числе энергосберегающие)	Повышение энергоэффективности зданий и сооружений
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	Повышение эффективности работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, снижение затрат на них Повышение эффективности ведения спасательных работ
Услуги по газоочистке и детоксикации воздушной среды	Услуги по газоочистке и детоксикации воздушной среды	Увеличение объема и качества очистки воздуха
		Снижение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу Повышение качества воздуха в городах и промзонах
Услуги по водоочистке и рециклингу воды	Услуги по водоочистке и рециклингу воды	Увеличение объема и качества очистки вод
		Сокращение водозабора на промышленные и коммунальные нужды



(окончание)

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель	Услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель	Обеспечение экологической безопасности полигонов твердых бытовых отходов, свалок, хвостохранилищ и других загрязненных территорий и акваторий Вовлечение в хозяйственный оборот рекультивированных земель
Услуги в области экологически безопасного обращения с отходами	Услуги в области экологически безопасного обращения с отходами	Снижение ресурсоемкости Снижение негативного воздействия на окружающую среду
Интеллектуальные экологические услуги	Экологический консалтинг, аудит, сертификация, страхование, экопросвещение, мероприятия по повышению экологической культуры	Повышение эффективности экологической составляющей деятельности компаний Внедрение рыночных механизмов, способствующих экологизации экономики Формирование экологического мировоззрения Повышение качества «зеленого» роста

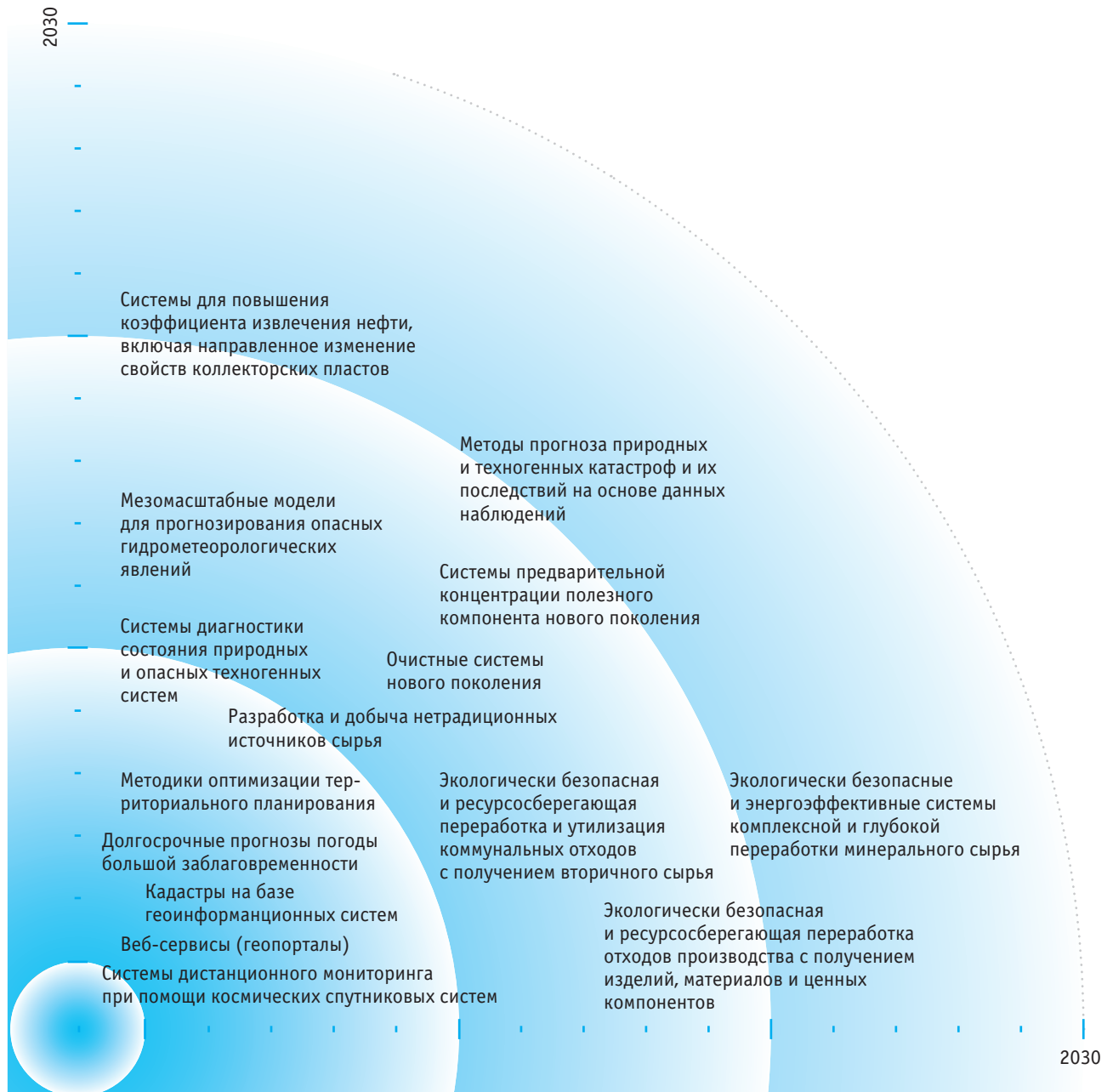
Мезомасштабная модель для получения расширенного состава прогнозируемых опасных гидрометеорологических явлений представляет собой программный комплекс, включающий собственно мезомасштабную атмосферную модель; блок подготовки начальных данных, граничных условий и свойств поверхности (препроцессинг); блок 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



Рис. 3. Инновационные продукты и услуги, оказывающие радикальное влияние на динамику мировых рынков в приоритетном направлении «Рациональное природопользование»



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 объемов образования 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.



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. 4).

Наиболее значимые научные результаты, которые могут быть достигнуты в период до 2030 г., охватывают: создание систем мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; перспективные технологии поиска и разведки минеральных ресурсов; высокоэффективные

Рис. 4. Тематические области приоритетного направления «Рациональное природопользование»





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.

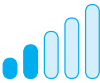
В среднесрочный период будут активно проводиться исследования и разработки в области экологически чистых материалов и продуктов; программного обеспечения и геоинформационных систем; оборудования и материалов для повышения эффективности добычи и переработки полезных ископаемых; раннего обнаружения и прогнозирования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

3.1. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности

Ожидаемые результаты заделных 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. 2. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности»

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Изучение изменений климата и экстремальных климатических событий с использованием перспективных подходов к анализу климатообразующих факторов		Исследование механизмов возникновения и развития опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов в атмосфере и гидросфере, включая внетропические циклоны, экстремальные осадки, наводнения и засухи, штормовую активность
		Изучение динамики циркуляционных систем атмосферы, включая основные климатические моды, внетропические и тропические циклоны, и их роли в формировании аномалий атмосферной циркуляции
		Формирование массивов данных о современных и прогнозируемых изменениях климата на основе высокоточных наблюдений и модельных экспериментов
Реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников, а также прогноз ее изменений		Формирование библиотек данных о ретроспективном и современном состоянии криосферы, в том числе о многолетнемерзлых грунтах и ледниках, последствиях глобальных изменений криосферы Земли для климата, природы и общества
		Оценка динамики современных процессов изменения криосферы в полярных регионах



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Формирование прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы		Формирование библиотек данных о миграции элементов, полученных посредством внедрения перспективных технологий исследования геохимии ландшафтов Создание систем количественной оценки влияния новых видов загрязнений на процессы очистки сточных вод
Оценка изменений экологического состояния ландшафта и его компонентов, эрозионно-русловых процессов, биогеохимических потоков, биопродуктивности и биоразнообразия, а также водных объектов и их систем		Разработка методов оценки состояния ландшафта и его компонентов для целей оптимизации территориального планирования Формирование библиотек данных об эколого-географических закономерностях образования биоразнообразия, моделях его эволюции и средообразующих функциях, инвазиях чужеродных видов Формирование библиотек данных о закономерностях эволюции геосистем в условиях изменений климата современной эпохи и ее палеогеографических аналогов Разработка методов снижения антропогенной нагрузки на водные объекты – источники водоснабжения
Оценка и прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения в условиях изменяющегося климата и окружающей среды		Оценка изменения состояния здоровья населения Разработка способов адаптации населения к изменяющемуся климату и трансформации окружающей среды Разработка методов оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и медико-экологическую обстановку
Разработка систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения		Разработка лабораторных технологий экологически безопасной утилизации отходов, а также ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих соблюдение нормативов качества окружающей среды при переработке отходов Создание и использование многофункциональных и проблемно-ориентированных геоинформационных систем и перспективных интеллектуальных экспертных систем обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности
Оптимизация схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом		Разработка методов оценки экологической емкости природной среды и определения критических антропогенных нагрузок на ландшафт и его компоненты Разработка методов и технологии проведения регионального мониторинга территорий на основе современных дистанционных и геоинформационных технологий Оценка общественно необходимых затрат на обеспечение рационального природопользования в территориальных природно-хозяйственных системах



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

Ожидаемые результаты заделных исследований:

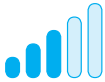
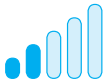

- системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, изменений климата, необходимые для последующего внедрения современных технологий снижения уровня негативного воздействия на экономику и здоровье населения.

Табл. 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>
Экологический мониторинг и прогнозирование состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях береговых зон, акваторий и подземных вод		<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>
Технологии инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосферу, водные объекты, почву		<p>Разработка высокоэффективных технологий детоксикации воздушной и водной сред</p>
Технологии получения, передачи и использования информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях с использованием наземных, воздушных, космических и других средств		<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>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера		<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> <p>Формирование библиотеки данных о повторяемости и интенсивности экстремальных климатических явлений</p> <p>Формирование библиотеки данных об опасных и катастрофических биотических явлениях</p> <p>Формирование библиотеки данных о геокатастрофах природного и техногенного характера различных пространственных уровней</p> <p>Разработка новых подходов к оценке и прогнозированию устойчивости геосистем в условиях экстремальных природных и техногенных факторов</p>
Технологии обеспечения безопасности производственных и энергетических опасных объектов, в том числе химических и нефтехимических производств, горных предприятий, высоконапорных плотин, гидро- и атомных электростанций		<p>Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при добыче глубокозалегающих твердых полезных ископаемых шахтным способом</p> <p>Разработка механико-математических методов прогнозирования состояния сложных природно-технических, промышленных, инженерных, энергетических, транспортно-коммуникационных и гидротехнических систем</p>
Технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений в акваториях, в том числе покрытых льдом районах		<p>Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при нефтегазодобыче на шельфе</p>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
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

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. 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
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>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>



(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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 геoinформационных 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>
<p>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>		<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>

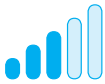


(продолжение)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>
<p>Утилизация попутного нефтяного газа</p>		<p>Разработка технологий и оборудования для глубокой химической переработки попутного нефтяного газа</p>
<p>Получение и использование нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.</p>		<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>
<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>		<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>
<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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>
Использование в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых		Формирование исследовательских моделей физико-химических закономерностей процессов извлечения ценных компонентов из продуктов сжигания углей, отходов металлургических и горно-обогатительных предприятий

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

Ожидаемые результаты заделных исследований:

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

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Экологически безопасная морская разведка и добыча различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики</p>		<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>
<p>Технологии сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом</p>		<p>Разработка технологии и оборудования для выявления залежей на основе пассивных сейсмических методов разведки</p>
<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>		<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>
<p>Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти, в первую очередь в ледовых условиях, включая технологии обнаружения нефти подо льдом</p>		<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>
<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>



(окончание)

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<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>

Список литературы

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

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).

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

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

ИНЭИ РАН / РЭА (2012) Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года. М.: Институт энергетических исследований РАН, Российское энергетическое агентство.

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.

Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М. и др. (2008) Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления. М.: Макс Пресс.

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).

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.

Кульчицкий В.В. (2008) Инновационные технологии освоения Арктического шельфа // Oil & Gas Journal Russia. № 6. С. 62–66.

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

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

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».

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

Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г. Утверждены Указом Президента Российской Федерации. <http://президент.рф/news/15177> (дата обращения: 05.03.2014).

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).

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

Лерлова Е.В. (2010) Коммерчески значимые нетрадиционные источники газа – мировой опыт освоения и перспективы для России // Территория Нефтегаз. № 11. С. 46–51.

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.).

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.

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: 04.02.2014).

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

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

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

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



- 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: 28.02.2014).
- Amanatidou E.* (2011) Grand challenges – a new framework for foresight evaluation. EU-SPRI conference papers. Manchester. 20–22 September.
- 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/cmsroot/www_mioge/files/4c/4c69a0a5-2e5f-4cd1-8659-48aa5904b106.pdf (дата обращения: 05.03.2014).
- ATSE (2008) Energy and Nanotechnologies: Strategy for Australia's Future. Parkville: The Australian Academy of Technological Sciences and Engineering.
- Battelle (2011) 2012 Global R&D Funding Forecast. http://battelle.org/docs/default-document-library/2012_global_forecast.pdf (дата обращения: 05.03.2014).
- BP (2012a) BP Energy Outlook 2030. London: BP.
- BP (2012b) Building a Stronger, Safer BP. Sustainability Review 2011. London: BP.
- 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.
- EU-Russia Energy Dialogue (2011) Energy Forecasts and Scenarios 2009–2010 Research. Final Report. Moscow: Publishing House «Economica, Stroitelstvo, Transport».
- European Commission (2010a) Concentrating Solar Power: From Research to Implementation. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010b) Critical Raw Materials for EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010c) European Forward Looking Activities. EU Research in Foresight and Forecast. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010d) Facing the future: time for the EU to meet global challenges. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2010e) Strategic Research Agenda 2010 Update: Innovation Driving Sustainable Biofuels. European Biofuels Technology Platform. http://www.biofuelstp.eu/sras-dd/SRA_2010_update_web.pdf (дата обращения: 05.03.2014).
- European Commission (2011) A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology. European Photovoltaic Technology Platform. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Farell D., Nyquist S., Rogers M.* (2007) Curbing the Growth of Global Energy Demand // McKinsey Quarterly. № 1. P. 21–55.
- 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: 05.03.2014).
- Georghiou L., Cassingena Harper J., Keenan M., Miles I., Popper R.* (eds.) (2008) The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice. Cheltenham: Edward Elgar.



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.

JAXA (2005) JAXA Vision «JAXA 2025». Tokyo: Japan Aerospace Exploration Agency. http://www.jaxa.jp/about/index_e.html (дата обращения: 18.02.2014).

Loveridge D., Georghiou L., Nedeva M. (1995) United Kingdom Foresight Programme. PREST. University of Manchester.

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.

NASA (2011) 2011 NASA Strategic Plan. Washington: National Aeronautics and Space Administration.

NIC (2012) *Global Trends 2030: Alternative Worlds*. December 2012. The National Intelligence Council.

NISTEP (2005) The 8th Science and Technology Foresight Survey: Delphi Analysis. NISTEP report № 97. Tokyo: NISTEP.

NISTEP (2010a) *Contribution of Science and Technology to Future Society*. Tokyo: NISTEP. http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep140e/pdf/rep140e_overview.pdf (дата обращения: 18.02.2014).

NISTEP (2010b) *Future Scenarios Opened up by Science and Technology (Summary)*. Tokyo: NISTEP. <http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/676/1/NISTEP-NR141-SummaryE.pdf> (дата обращения: 18.02.2014).

NISTEP (2010c) *The 9th Science and Technology Foresight – Contribution of Science and Technology to Future Society*. NISTEP report № 140. Tokyo: NISTEP.

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.

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: 28.02.2014).

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: 18.02.2014).

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: 20.01.2014).

OECD (2010) *The OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow*. Paris: OECD.

OECD (2011a) *OECD Green Growth Studies: Energy*. Paris: OECD.

OECD (2011b) *OECD Reviews of Innovation Policy: Russian Federation*. Paris: OECD.

OECD (2012a) *Looking to 2060: Long-term global growth prospects*. OECD Economic Policy Papers. № 3.



- OECD (2012b) 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: 01.02.2014).
- OECD (2012c) OECD Innovation Strategy. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/site/innovation-strategy> (дата обращения: 01.02.2014).
- OECD (2012d) Sustainable Material Management. Green Growth Policy Brief. OECD.
- OECD (2012e) 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 (2013) OECD's Work on Sustainable Materials & Waste Management. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/environment/waste/> (дата обращения: 05.03.2014).
- OECD/IEA (2003) Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future. Paris. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-to-2050-scenarios-for-a-sustainable-future_9789264019058-en (дата обращения: 20.02.2014).
- OECD/IEA (2010) Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios and Strategies to 2050. Paris. http://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-technology-perspectives-2010_energy_tech-2010-en (дата обращения: 20.02.2013).
- OECD/IEA (2011) OECD Green Growth Studies: Energy. Paris: IEA.
- OECD/IEA (2012a) Energy Technology Perspective 2012: Pathways to a Clean Energy System. Paris: IEA.
- 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: IEA.
- OECD/IEA (2012d) World Energy Outlook 2012. Paris: IEA. <http://www.worldenergyoutlook.org/pressmedia/recentpresentations/PresentationWEO2012launch.pdf> (дата обращения: 01.02.2014).
- Oil & Gas UK (2012) : Oil & Gas UK: the voice of the offshore industry. 2012 Economic report.
- OPEC (2011) World Oil Outlook. Vienna: Organization of the Petroleum Exporting Countries.
- PWC (2012) Technology Forecast 2012 // Quarterly Journal. Iss. 2. https://www.pwc.in/assets/pdfs/industries/technology/business-value-of-apis-ny-12-0799-TFQ-2012-issue-2_v12India_rev3.pdf (дата обращения: 06.03.2014).
- RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020: In-Depth Analysis. Technical Report. Santa Monica, Arlington, Pittsburg: RAND Corporation.
- Shell (2008) Shell Energy Scenarios to 2050. Hague: Shell.
- Sokolova A., Makarova E.* (2013) Integrated Framework for Evaluation of National Foresight Studies // Science, Technology and Innovation Policy for the Future: Potentials and Limits of Foresight Studies / Eds. D. Meissner, L. Gokhberg, A. Sokolov. New York, Dordrecht, London, Heidelberg: Springer. P. 11–30.
- The White House (2012) National Bioeconomy Blueprint. Washington.
- U.S. Department of Energy (2002) National Hydrogen Energy Roadmap. Washington: U.S. DOE.
- 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 (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. https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_40473/a-technology-roadmap-for-generation-iv-nuclear-energy-systems (дата обращения: 05.03.2014).

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.

WEC (2011) Global Transport Scenarios 2050. London: World Energy Council.

**Прогноз научно-технологического
развития России: 2030.
Рациональное природопользование**

Редактор *М.Ю. Соколова*
Художник *П.А. Шелегеда*
Компьютерный макет:
О.Г. Егин, В.В. Пучков

Подписано в печать **.03.2014.
Формат 60×90 ¹/₈. Печ. л. 6.0.
Тираж 350 экз. Заказ № 194.

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