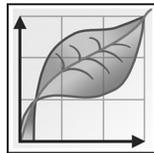


Министерство образования и науки Российской Федерации
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Технологическая платформа «Технологии экологического развития»

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ



Под редакцией Л.М. Гохберга, Н.С. Касимова

Москва
Издательство «ВАРСОН»
2015

Редакционная коллегия:

Н.Н. Алексеева, Л.М. Гохберг (сопредседатель), Н.С. Касимов (сопредседатель),
О.А. Климанова, А.В. Соколов, А.А. Чулок

Авторский коллектив:

Глава 1 – Н.Н. Алексеева, А.Ю. Гребенюк, С.А. Добролюбов, О.А. Климанова, А.В. Соколов, А.А. Чулок

Глава 2 – Н.Н. Алексеева, Ю.Р. Беляев, М.В. Бочарников, Т.В. Дикарева, Н.М. Дронин, С.В. Киселева, А.В. Кислов, О.А. Климанова, Е.Ю. Колбовский, Т.М. Красовская, П.П. Кречетов, Н.Б. Леонова, И.К. Лурье, Е.А. Макарова, И.Л. Марголина, А.С. Наумов, Е.А. Прохорова, В.М. Степаненко, Н.Н. Шабанова, Н.В. Шартова, Е.Д. Шеремецкая, А.Л. Шныпарков

Глава 3 – В.Л. Бабурин, Ю.Р. Беляев, С.А. Добролюбов, А.А. Занин, С.П. Земцов, А.В. Кислов, Е.Ю. Колбовский, И.Л. Марголина, Е.С. Хазиева, Е.Д. Шеремецкая, А.Л. Шныпарков

Глава 4 – Н.Н. Алексеева, Ю.Р. Беляев, С.А. Добролюбов, О.А. Климанова, И.Ф. Кузьминов, И.Л. Марголина, А.А. Медведков, В.А. Топорина, Е.Д. Шеремецкая

Рациональное природопользование: перспективы инновационного развития [Текст] / М-во образования и науки РФ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики»; Технологич. платформа «Технологии экологического развития»; под. ред. Л.М. Гохберга, Н.С. Касимова. – М.: ООО «Издательство «ВАРСОН», 2015. – 128 с.
ISBN 978-5-98568-215-1

Вниманию читателя предлагается публикация результатов исследования, выполненного по заказу Министерства образования и науки РФ в рамках подготовки Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». Они существенно дополняют и расширяют опубликованный в 2014 г. доклад «Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Рациональное природопользование».

Цель исследования – определение наиболее перспективных для России областей развития науки и технологий, обеспечивающих реализацию конкурентных преимуществ в сфере природопользования и экологического развития. Проанализированы глобальные тренды и вызовы, выявлены окна возможностей для России; определены инновационные рынки и перспективные области спроса на отечественные разработки, перспективные инновационные продукты и услуги. Представлены приоритеты научных исследований по четырем ключевым тематическим областям, проведена оценка уровня отечественных исследований и разработок в сравнении с мировыми лидерами. Итоговые рекомендации прошли широкое обсуждение с привлечением значительного числа российских и зарубежных экспертов.

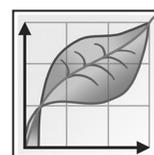
Издание представляет практический интерес для органов государственного управления, компаний, научных организаций, вузов, технологических платформ, инновационных территориальных кластеров и других заинтересованных организаций.

УДК 502.1:33
ББК 65.407

© МГУ имени М.В. Ломоносова, 2015
© НИУ «Высшая школа экономики», 2015
© Коллектив авторов, 2015
© ООО «Издательство «ВАРСОН», оригинал-макет, 2015

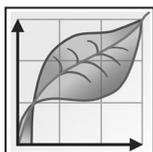
ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	4
Введение	5
Глава 1. Постановка проблемы и методология исследования	8
Глава 2. Глобальные тренды инновационного развития рационального природопользования.	16
2.1. Экономические тренды	16
2.2. Социальные тренды	26
2.3. Научно-технологические тренды	34
2.4. Тренды изменения состояния окружающей среды	59
Глава 3. Перспективные рынки, продукты и услуги.	66
3.1. Структура рынков	66
3.2. Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды и чрезвычайных ситуаций	75
3.3. Предотвращение и ликвидация загрязнения окружающей среды и последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	82
3.4. Эффективное и рациональное воспроизводство и развитие минерально-сырьевой базы	86
Глава 4. Перспективные направления научных исследований.	92
4.1. Тематическая структура направлений	92
4.2. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности	95
4.3. Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	100
4.4. Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов и техногенного сырья. . . .	107
4.5. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики	114
Заключение	119
Список литературы	121



Список сокращений

ВМО	Всемирная метеорологическая организация (World Meteorological Organization – WMO)
ГИС	Геоинформационная система
ГРР	Геологоразведочные работы
ДДЗ	Данные дистанционного зондирования (Земли)
ДЗЗ	Дистанционное зондирование Земли
ЕС	Европейский союз
ИиР	Исследования и разработки
МПИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата ООН
МЧС	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
ОПЕК	Организация стран – экспортеров нефти (Organization of the Petroleum Exporting Countries – ОПЕК)
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития (Organization for Economic Cooperation and Development – OECD)
ПНТР	Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г.
РИНЦ	Российский индекс научного цитирования
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Food and Agricultural Organization – FAO)
ЮНЕП	Программа ООН по окружающей среде (United Nations Environmental Programme – UNEP)
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO)



Введение

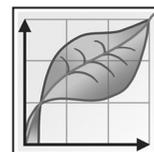
В январе 2014 г. Председателем Правительства Российской Федерации был утвержден Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.¹ (далее – ПНТР). Доклад, содержащий его детальные результаты, был согласован с заинтересованными министерствами и ведомствами (Минкомсвязи России, Минздравом России, Минтрансом России, Минфином России, Минэкономразвития России, Минпромторгом России, Минприроды России, Минэнерго России, Роскосмосом и др.), 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-преьерами 20 января 2014 г. [Совещание с вице-преьерами, 2014].

Вопросы обеспечения устойчивого социально-экономического развития России, ее экологической и геополитической безопасности, качества жизни населения тесно связаны с решением научно-технологических задач в сфере рационального природопользования. В современной России возрастает роль перспективных экологически эффективных продуктов и технологий, которые могут способствовать переходу от топливно-сырьевой к инновационной модели развития, ориентированной в том числе и на зеленый рост. Внедрение экологических технологий необходимо для повышения инвестиционной привлекательности страны. Растет понимание того, что экологическая ответственность бизнеса способствует росту его конкурентоспособности, а формирование рынков рационального природопользования может рассматриваться как один из ключевых вызовов, стоящих сейчас перед российской экономикой.

Решение ключевых экологических задач тесно взаимосвязано с поиском новых источников экономического роста, который невозможен без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих импортозамещение и выход на формирующиеся высокотехнологические рынки. Перевод российской экономики на инновационные рельсы предполагает опережающую динамику высокотехнологичных отраслей промышленности и сферы услуг и радикальное повышение их конкурентоспособности, что требует дальнейшего совершенствования научно-технической и инновационной политики, повышения качества ее информационного и методического обеспечения, усиления доказательной базы. Возможным средством решения подобных задач является прогнозирование научно-технологического развития, главная цель которого – *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.

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).



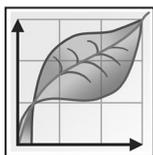
Первым крупным проектом национального уровня стал долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2025 г., инициированный в 2007 г. Минобрнауки России. Центральным элементом проекта стало проведение масштабного опроса экспертов с использованием метода Дельфи. На его основе были 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 отечественных прогнозов в социально-экономической и научно-технологической сферах, на базе которого сформированы представления о будущем 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 сценариев прогноза технологического развития ряда ее секторов. Были определены группы перспективных технологий и продуктов, отвечающие приоритетам технологической модернизации страны.

С 2011 г. в рамках третьего цикла Долгосрочного прогноза научно-технологического развития проводились работы, включавшие в себя разработку макроэкономических сценариев, анализ тенденций развития в области фундаментальных исследований, научно-технологической ресурсной базы, будущих потребностей в компетенциях и др. В то же время использовался более сложный методологический инструментарий (библиометрический анализ, экспертные панели, обследования, составление дорожных карт, количественное моделирование), сочетавший «нормативный» и «исследовательский» подходы к оценке будущих событий [Соколов, Чулок, 2012]. В рамках третьего цикла была сформирована расширенная сеть экспертов на базе форсайт-центров нескольких университетов России, в том числе по направлению «Рациональное природопользование» на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова был создан Центр научно-технологического прогнозирования.

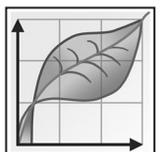
В ходе работ по формированию ПНТР были получены следующие основные результаты:

- 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 научных 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 России в международные альянсы и ее позиционирования 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.



Результаты исследования получены в ходе реализации проекта Министерства образования и науки РФ «Формирование сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития на базе ведущих российских вузов по приоритетному направлению “Рациональное природопользование”». В написании разделов принимали участие сотрудники географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Института статистических исследований и экономики знаний НИУ «Высшая школа экономики», а также РХТУ имени Д.И. Менделеева.

Авторы понимают, что современная социально-экономическая ситуация в России и мире и, прежде всего, снижение цен на нефть и энергоносители обусловили изменения на рынках рационального природопользования, ставших объектом данного исследования. Однако выявленные технологии определяют ближние и дальние перспективы развития отрасли и не потеряют своей актуальности в будущем. Несмотря на изменившуюся экономическую конъюнктуру, выводы, сделанные о перспективных продуктах, рынках, приоритетных направлениях исследований и опытных разработок, могут рассматриваться как элементы долгосрочной системы научно-технологического прогнозирования. Успешность ее дальнейшего развития, уточнение результатов и их мониторинг непосредственно зависят от эффективности деятельности отраслевых центров прогнозирования и значимости результатов их работы.



ГЛАВА 1. Постановка проблемы и методология исследования

Рациональное природопользование – важная для России отрасль общественного производства, включающая ресурсодобывающие сектора прежде всего минерально-сырьевого комплекса, лесного и рыбного хозяйства и др., а также технологии и мероприятия в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Развитие отрасли имеет стратегическое значение и направлено на сохранение благоприятной окружающей среды и поддержание качества жизни населения и снижение уровня негативного воздействия на экономику. От других секторов рациональное природопользование отличается длинными горизонтами планирования, сложными междисциплинарными решениями, неочевидной возможностью получения быстрого и осязаемого экономического эффекта.

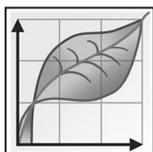
В нашей стране задачи рационального природопользования долгое время рассматривались как вторичные по отношению к проблемам экономического роста. Между тем развитие природопользования по сценарию «business as usual», или «все идет своим чередом», сопряжено с рисками, приводящими к социальным вызовам (увеличению смертности, уменьшению продолжительности жизни, росту заболеваемости и др.) и экономическим потерям (снижению конкурентоспособности российских компаний на фоне ужесточения экологических стандартов, предъявляемых на мировых рынках к выпускаемой продукции, производственным процессам и услугам). Такое развитие способно наложить существенные ограничения на экономический рост в будущем, что вызовет смену приоритетов развития государства. Кроме того, перед Россией стоит задача повышения технологического уровня экономики, в том числе путем постепенного внедрения экологического нормирования на основе наилучших доступных технологий (НДТ).

В то же время эксперты высказывают обеспокоенность постепенным снижением доли учитываемых природоохранных затрат в ВВП страны: с 1,3% в 2003 г. до 0,7% в 2013 г. (данные Росстата), при том что в развитых странах этот показатель за тот же период вырос (с 2,0 до 2,25%). Беспокойство экспертов указывает на необходимость увеличения инвестиций в природоохранные технологии и поддержки экологической активности бизнеса, развития рынка экологических товаров и услуг, обладающего значительным потенциалом роста, поскольку глобальный рынок эко-индустрии считается одним из самых динамично растущих (по ряду сегментов прирост достигает от 5 до 11% в год) [GreenTech made in Gemany..., 2012].

Баланс между интересами развития экономики и сохранения окружающей среды требует выявления наиболее перспективных областей инновационного экологического развития, способных в максимальной степени обеспечить конкурентные преимущества России.

В настоящее время реализуются новые подходы в сфере государственной инновационной политики: с учетом возросших экологических требований разрабатываются дорожные карты для ряда секторов и технологических направлений, в российское законодательство и практику внедряются рекомендации ОЭСР по вопросам экологии, формулируются экологические составляющие программ инновационного развития госкомпаний.

Эффективным механизмом координации усилий науки, государства, бизнеса и общества в сфере экологии и природопользования стала деятельность технологической платформы «Технологии экологического развития». Ее цель – содействие внедрению экологически эффективных и энергосберегающих технологий, решению накопленных



экологических проблем, а также обеспечению благоприятной окружающей среды и экологической безопасности. Тематические направления деятельности Платформы включают:

- экологически чистые технологии;
- технологии экологически безопасного обращения с отходами, в том числе ликвидации накопленного экологического ущерба;
- технологии и системы мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, последствий изменения климата, включая инновационные средства инструментального контроля загрязнений;
- технологии рационального природопользования, обеспечения экологической безопасности и новых экологических стандартов жизни человека.

Организация и методология выполнения работ. Настоящее исследование отличается от предшествующих работ по долгосрочному прогнозированию более сложной структурой и глубиной проработки общей концепции. Общая схема организации разработки ПНТР представлена на рис. 1.

При формировании ПНТР применялся 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

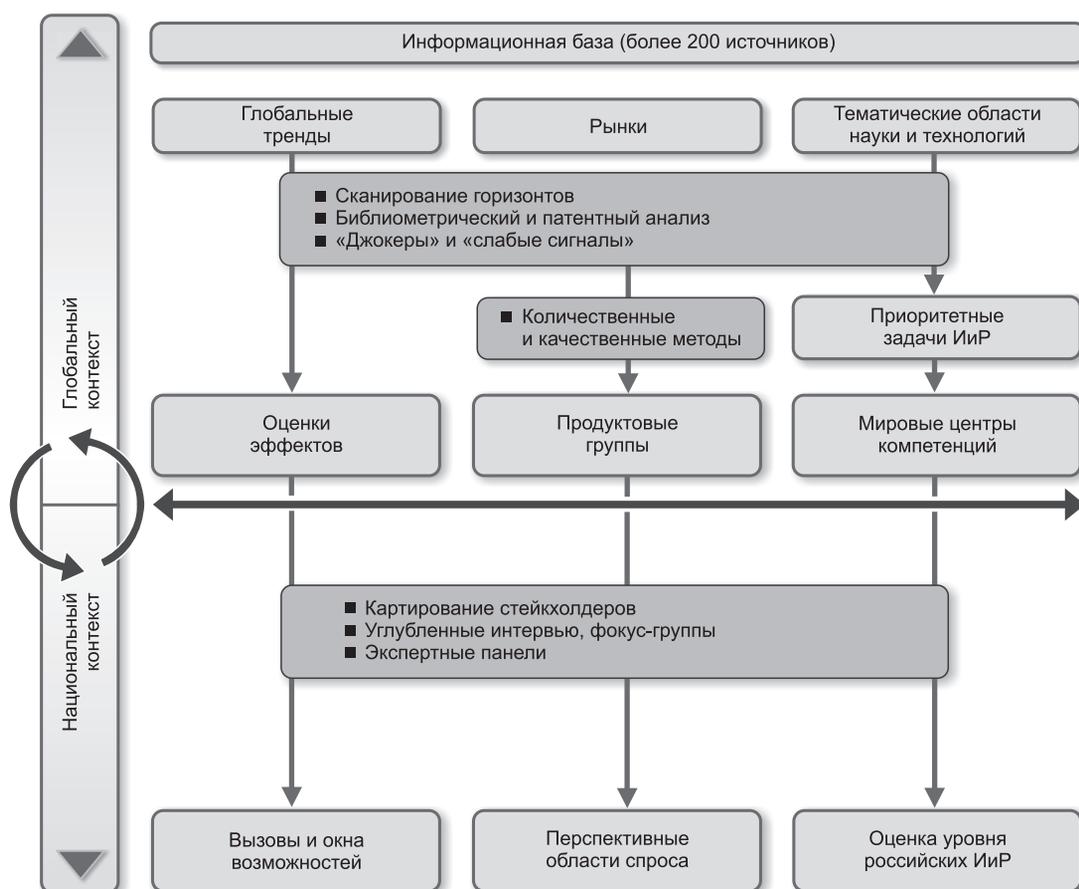
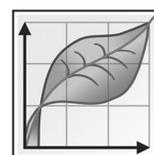


Рис. 1. Организация разработки Долгосрочного прогноза научно-технологического развития России на период до 2030 года. *Источник: НИУ ВШЭ*



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 их представителями 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 выбора приоритетов, построения образов будущего и дорожных карт, анализа глобальных вызовов, так и достаточно новые подходы (сканирование горизонтов, «слабые сигналы» (weak signals), «джокеры» (wild cards)³ и др.).

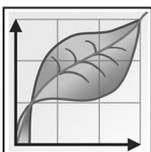
Данные, полученные в ходе экспертного опроса и глубинных интервью, уточнялись в соответствии с материалами организаций – участников сети отраслевых центров прогнозирования научно-технологического развития, созданных на базе ведущих российских вузов.

Источники информации. В исследовании нашли отражение данные, полученные из более чем 200 источников, в том числе:

- аналитические исследования и прогнозы международных организаций (ОЭСР, ООН, ЮНИДО, ЮНЕП, Всемирного банка, Международного энергетического агентства, Европейского экологического 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, 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 (*ISI Web of Knowledge* компании Thomson Reuters; *Scopus* компании Elsevier) и российских (РИНЦ и др.) публикаций.

В ходе подготовки прогноза по направлению «Рациональное природопользование» эксперты учитывали стратегии и концепции, ключевые прогнозы, разработанные российскими и зарубежными исследовательскими центрами и компаниями, а также международными организациями.

Система приоритетов выстраивалась в соответствии с положениями стратегических



³ События, характеризующиеся низкой вероятностью наступления, но высоким потенциальным эффектом воздействия (возможно, негативным), способные привести к неожиданной траектории развития будущего.

документов, прежде всего «Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденных Указом Президента Российской Федерации 30 апреля 2012 г. и «Стратегии экологической безопасности России», утвержденной Советом безопасности 20 ноября 2013 г. В них изложены долгосрочные задачи государства в области охраны окружающей среды, обеспечения роста экологической безопасности, а также механизмы их реализации, в частности обеспечение экологически ориентированного роста экономики и внедрения экологически эффективных инновационных технологий. Кроме того, анализировались государственные программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды на 2012–2020 гг.» и «Воспроизводство и использование природных ресурсов» на 2013–2020 гг., а также другие государственные программы, в которых частично отражена тема экологии и природопользования, в том числе «Развитие науки и технологий», «Экономическое развитие и инновационная экономика», «Космическая деятельность России», «Развитие водохозяйственного комплекса», проект федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба на 2014–2025 гг.».

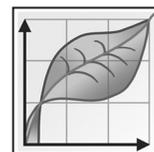
Для систематизации прогнозно-аналитических материалов учитывались *Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (2008)*; *Сценарные условия долгосрочного Прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года (2012)*; *Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (2008)*; *Климатическая доктрина (2010)* и другие документы; научные публикации: *Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу (2011)*, *Современные глобальные изменения природной среды (2012)*; *Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ (2012)* и др.

Среди зарубежных прогнозов, в той или иной степени затрагивающих проблемы развития науки и технологий, можно выделить материалы, подготовленные ЮНЕП, ОЭСР, Европейским экологическим агентством, МПИК и рядом других организаций.

В *Экологическом форсайте ЮНЕП «21 вызов в XXI веке»* рассмотрены около ста глобальных проблем, из которых 400 международных экспертов выбрали 21 наиболее значимый тренд. Подчеркивается, что большая часть возникающих экологических проблем (появление «мертвых зон» в океане, обезлесение тропиков из-за производства биотоплива и др.) является результатом сложного взаимодействия факторов политики, экономики, социальных процессов, и поэтому устранение их влияния должно носить межотраслевой характер [21 Issues for the 21st Century..., 2012]. В то же время решение хотя бы одной из проблем вызывает положительные сдвиги в ряде других секторов. Так, повышение энергоэффективности в целях сокращения выбросов парниковых газов ведет к уменьшению загрязнения воздуха и связанных с ним рисков для здоровья населения, снижает затраты потребителей на энергоносители и увеличивает энергетическую безопасность.

В форсайте ЮНЕП упоминаются следующие наиболее важные глобальные тренды (в порядке убывания их значимости по опросам экспертов):

- вызовы в сфере продовольственной безопасности для 9 млрд человек;
- новые парадигмы управления земельными и водными ресурсами;
- проблемы сохранения и использования ресурсов биоразнообразия;
- вызовы, обусловленные необходимостью смягчения последствий и адаптации к климатическим изменениям;
- ускоренное развитие альтернативной энергетики;
- минимизация рисков, связанных с появлением новых технологий и материалов;
- разработка механизмов устойчивого развития урбанизированных территорий;
- вызовы в сфере интегрированного управления ресурсами Мирового океана;
- изменение структуры отходов: решение проблем дефицита ресурсов и электронных отходов.



В докладе «*Глобальная экологическая перспектива-5*», представленном ЮНЕП на Конференции ООН по устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро «Рио+20», приводятся сценарии экологического развития до 2050 г. [Global Environment Outlook 5, 2012] с акцентом на задачи, обозначенные в международных конвенциях и соглашениях в области окружающей среды. Отмечается, что за прошедшие годы из 90 согласованных на международном уровне экологических целей (сформулированных в «Декларации тысячелетия» (2000) и в различных многосторонних природоохранных соглашениях) значимый прогресс был достигнут только по четырем из них. Не столь многочисленные успехи подтверждают важность выявления конкретных, с количественно измеряемыми результатами задач и концентрации усилий на их реализации. По мнению экспертов ЮНЕП, низкоуглеродная и ресурсоэффективная зеленая экономика при достаточной поддержке развития экологических инноваций предлагает отличные экологические и экономические возможности для сохранения окружающей среды, создания новых рабочих мест, уменьшения производственных затрат и повышения конкурентоспособности.

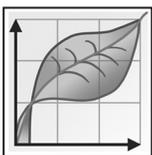
Прогноз ОЭСР «*Перспективы окружающей среды на период до 2050 года*», также опубликованный в 2012 г. к «Рио+20», сфокусирован на экономических и демографических процессах и трендах, их влиянии на состояние окружающей среды в течение ближайших четырех десятилетий [Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction, 2012]. На основе их анализа экспертами сделан вывод о необходимости принятия срочных ответных мер, способных предотвратить существенные издержки в экологической области, ожидающие мир в случае бездействия. В то же время в странах ОЭСР за последнее десятилетие бюджетные расходы на исследования и разработки в области экологии уменьшились на 7%, и, судя по продолжающимся кризисным явлениям в развитых экономиках мира, эта тенденция может сохраниться и дальше [Meeting Global Challenges through Better Governance, 2012].

Подготовленный Европейским экологическим агентством доклад «*Оценка глобальных мегатрендов*» имеет горизонт прогнозирования до 2050 г. Выявлены важнейшие мегатренды – демографические, экономические, технологические, экологические и политические, способные нарушить стабильность в Европе и мире. Среди экологических мегатрендов наибольшую важность для Европы представляют: сокращение запасов природных ресурсов, в том числе минеральных и водных; нарастающие последствия изменений климата; загрязнение окружающей среды; сокращение биоразнообразия [The European Environment – State and Outlook 2010: Assessment of Global Megatrends, 2011].

Национальный разведывательный совет (США) в издаваемых с конца 1990-х гг. *обзорах глобальных трендов* с горизонтами прогнозирования до 2010, 2015, 2020, 2025, 2030 гг. наибольшее внимание уделяет проблемам истощения сырьевых ресурсов, водообеспеченности и производству продовольствия, изменениям климата. Так, в ряду «прорывных технологий» в прогнозе на 2025 г. указано создание технологий очистки воды (высокая вероятность), чистых угольных технологий, в том числе связанных с улавливанием углекислого газа (средняя вероятность), эффективных технологий производства биотоплива (высокая вероятность) [Global Trends 2025: A Transformed World, 2008].

Прогнозы, представленные в *Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН* (2013 г.), подтверждают, что в ближайшие десятилетия ситуация будет только ухудшаться, если уровень выбросов углекислого газа в атмосферу не начнет сокращаться. Необходимо принять срочные меры, в том числе научно-технологические, по декарбонизации энергетики, транспортного и промышленных секторов, разработке стимулирующих схем для снижения энергопотребления. Необходима также институциональная и технологическая поддержка развивающихся стран для продвижения низкоуглеродного развития и адаптации к изменению климата.

Инфраструктура прогноза. В ходе реализации ПНТР на базе созданных в ведущих вузах отраслевых центров научно-технологического прогнозирования была сформиро-



вана экспертная сеть, охватывающая более 200 организаций (научных центров, вузов, компаний реального сектора и др.) и включающая свыше 2000 экспертов, выбор которых проводился на базе специально разработанных критериев и процедур.

Сеть центров научно-технологического прогнозирования в сфере рационального природопользования объединила ведущие российские университеты, специалисты которых принимали активное участие в разнообразных экспертных процедурах. Среди них – Российский государственный гидрометеорологический университет (г. Санкт-Петербург), Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (г. Москва), Национальный исследовательский Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Балтийский федеральный университет имени И. Канта (г. Калининград), Казанский (Приволжский) федеральный университет, Новосибирский государственный университет, Пермский государственный национальный исследовательский университет и ряд других вузов.

Для координации работ по ПНТР базе географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова был создан головной центр научно-технологического прогнозирования по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». В рамках его деятельности были подготовлены информационно-аналитические материалы, вошедшие в Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.

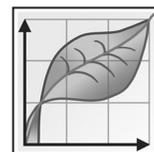
Совместно с вузовскими центрами прогнозирования были созданы отраслевые базы данных по трем критическим технологиям⁴, включающие в себя свыше 300 ведущих российских организаций и предприятий, а также свыше 400 российских экспертов, с помощью которых исследования прошли экспертную валидацию.

Среди иностранных специалистов, принимавших участие в подготовке прогноза, есть 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 специалисты 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:

- 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);

⁴ В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологии и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» по приоритетному направлению «Рациональное природопользование» реализуются три критические технологии: 19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения; 20. Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи; 21. Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

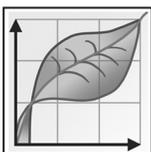


- Foresight for Innovative Responses to Grand Challenges (Форсайт: инновационные ответы на глобальные вызовы) (октябрь 2012 г., Москва);
- Российский экономический конгресс (февраль 2013 г., Суздаль);
- XIV Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества (апрель 2013 г., Москва);
- Ломоносовские чтения в МГУ имени М.В. Ломоносова (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);
- 33d European Regional Science Association (ERSA) Congress (август, 2013 г., Палермо);
- 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);
- IV Всероссийский Съезд по охране окружающей среды (декабрь 2013 г., Москва);
- Оценка эффектов форсайт-исследований в России и Европейском союзе (январь 2014 г., Москва);
- Международная конференция по форсайту «Использование форсайта для разрешения социально значимых проблем» (февраль 2014, Токио);
- Заседание Общественного совета Министерства природных ресурсов и экологии (октябрь 2014, Москва).

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 г.⁵;
- подготовке государственной программы «Развитие науки и технологий» на период до 2020 г.⁶;
- корректировке прогнозных параметров «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» до 2035 г. и формировании целевого видения развития российской энергетики на период до 2050 г.;
- подготовке проекта доклада Президенту Российской Федерации по вопросу формирования перечня приоритетных научных задач, решение которых требует использования возможностей федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием⁷;



⁵ Утвержден Правительством Российской Федерации 25 марта 2013 г.

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

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

- 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;

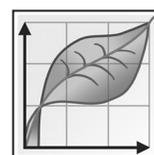
- научным сообществом – для определения востребованных направлений научных исследований, а также продвижения имеющихся научно-технологических решений через создаваемые в рамках долгосрочного прогноза коммуникационные площадки;

- 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.



ГЛАВА 2. Глобальные тренды инновационного развития рационального природопользования

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 ресурсов, изменение климата, рост техногенной нагрузки и загрязнение природных сред, дефицит качественных водных ресурсов, потеря биоразнообразия и др.

На основе анализа исследований и прогнозов международных организаций, крупных корпораций, материалов зарубежных форсайт-центров, а также концепций, стратегий и сценариев развития России были определены ключевые глобальные тренды, создающие угрозы и окна возможностей для развития направления «Рациональное природопользование» в долгосрочной перспективе. Под глобальным трендом понимается процесс мирового масштаба, способный оказывать существенное влияние на развитие предметной области.

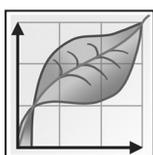
Всего было выявлено 38 ключевых трендов, которые можно подразделить на экономические, социальные, технологические и научные. Кроме того, были выделены тренды, отражающие глобальные изменения окружающей среды. При описании трендов особое внимание уделялось социально-экономическим эффектам, влиянию на перспективные рынки, развитие науки и технологий.

2.1. Экономические тренды

■ Экологизация экономики и зеленый рост в развитых странах мира

Вопросы уменьшения нагрузки на окружающую среду и экологически ориентированное развитие экономики (или зеленый рост) становятся важнейшими пунктами международной повестки, особенно с учетом прогнозируемого роста населения планеты. Именно концепция зеленого роста была провозглашена в качестве приоритета в сфере технологической политики ведущих стран мира [Towards a Green Economy, 2011] и легла в основу антикризисных программ ряда государств (доля инвестиций в развитие экологически чистых технологий составила 12% от общей стоимости пакета антикризисных мер; для Китая и Франции этот показатель составил 38 и 23% соответственно) [Robins, Clover, Singh, 2009]. По мере усугубления глобальных экологических проблем влияние данного тренда будет возрастать.

Ежегодные экологические издержки (в том числе выброс парниковых газов, отходы, загрязнение воздуха и воды, ущерб лесным и рыбным ресурсам) составляют около 10% мирового ВВП, а к 2050 г. этот показатель может достигнуть 18% [Why environmental



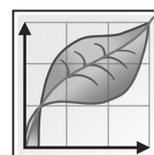
externalities matter..., 2010]. Социальные потери, обусловленные экологическими проблемами, также существенны. По данным ВОЗ, климатические изменения уже сейчас становятся причиной 150 тыс. смертей ежегодно, а в дальнейшем эта цифра будет возрастать. Число преждевременных смертей из-за загрязнений воздуха к 2030 г. составит около 2 млрд человек [Курс на зеленый рост, 2011]. Реализация стратегии «зеленого роста» подразумевает создание низкоуглеродной экономики, способствующей сокращению выбросов парниковых газов, эффективное использование природных ресурсов и прекращение деградации экосистемных услуг.

Эти направления имеют большое значение для обеспечения стабильного развития России. Так, в качестве целевого ориентира к 2020 г. рассматривается уменьшение энергоемкости национальной экономики на 40% относительно уровня 2007 г. Для этого необходима разработка и применение экономических механизмов, стимулирующих предприятия к применению энергоэффективных и экологически чистых технологий. Кроме того, предполагается повышение доли энергии, получаемой за счет возобновляемых источников, от 1,5% в настоящее время до 4,5% в 2020 г. [О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики, 2008]. Эти мероприятия позволят не только уменьшить нагрузку на окружающую среду, но и повысить конкурентоспособность и эффективность российской экономики. Внедрение в хозяйственную практику чистых технологий сопряжено с рядом социально-экономических последствий, в том числе созданием новых рабочих мест (как для «зеленых воротничков», так и для высококвалифицированных специалистов).

Эксперты отметили возможности для России, которые открывает данный тренд, – развитие экотехнологий и экологического консалтинга, экологизация налоговой системы. Концепция зеленого роста может оказать наибольшее влияние на энергетику, строительство, транспорт, управление отходами, водное, сельское и лесное хозяйство, рыболовство и туризм [Towards a Green Economy, 2011]. Основной прирост прогнозируется для рынка технологий возобновляемой энергетики и ресурсосберегающих технологий [Invention and Transfer of Environmental Technologies, 2011]. В целом будут активно развиваться технологии, способствующие предотвращению вредного воздействия химических веществ, разложению углеродных и азотных соединений в почве и др. В ходе осуществления деятельности по уменьшению выбросов парниковых газов будут формироваться и развиваться рынки квот на выбросы. Все большее распространение получит экологический маркетинг.

К странам – лидерам в области данного тренда следует отнести США, страны ЕС, Японию, Республику Корея. В США, крупнейшем в мире производителе и потребителе экологических технологий и продукции, сформировался сектор чистых технологий («Cleantech»), включающий различные виды деятельности в области контроля и предотвращения загрязнений, обращения с отходами, ресурсосбережения, развития экологически чистого транспорта, а также консультирования в указанных отраслях. В ЕС индустрия экологических инноваций стала важным сектором экономики, годовой оборот которой оценивается в 319 млрд евро, что составляет около 2,5% ВВП. Национальная стратегия и пятилетний план (2009–2013 гг.) Республики Корея создали комплексные политические предпосылки для зеленого роста. В соответствии с указанным планом правительство выделяет около 2% годового ВВП на программы и проекты зеленого роста. Среди целей национальных стратегических планов Японии в области экоинноваций – достижение объема рынка зеленых товаров и услуг в размере 50 трлн японских иен и создание более миллиона новых рабочих мест в зеленой индустрии [Курс на зеленый рост, 2011].

Карбоноёмкость российского ВВП существенно больше, чем в развитых странах, что требует активного развития экоинноваций и других технологий, обеспечивающих сокращение нагрузки на окружающую среду и не допускающих сверхэксплуатацию ресурсов. В «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» сформулировано самостоятельное направление по созданию эффективного экологического сектора экономики, в качестве целевых ориентиров которо-



го выбраны: рост рынка экологических товаров и услуг в 5 раз; расширение занятости с 30 тыс. до 300 тыс. рабочих мест. Об этом же говорится в «Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г.» (2012). В качестве основных механизмов рассматривается внедрение инновационных ресурсосберегающих, экологически безопасных и эффективных технологий на базе единой технологической платформы с активным участием государства, бизнес-сообщества, организаций науки и образования, общественных объединений и некоммерческих организаций.

■ Введение юридически обязывающих ограничений на выбросы углекислого газа

Изменение климата – один из важнейших вызовов мировой экономике XXI в. Активное международное сотрудничество в области смягчения изменений климата началось в конце XX в. В 1997 г. Киотский протокол наложил на развитые страны и страны с переходной экономикой количественные обязательства по сокращению или стабилизации выбросов парниковых газов в 2008–2012 гг. по сравнению с базовым 1990 г. Он стал первым глобальным соглашением об охране окружающей среды, основанным на рыночном механизме регулирования (механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов). Протокол вступил в силу в 2005 г. после его ратификации Россией. Первый период обязательств по протоколу закончился 31 декабря 2012 г. С 2013 г. вступил в силу второй период действия Киотского протокола, а одновременно с ним будет осуществляться подготовка нового юридически обязывающего соглашения, которое должно быть принято в 2015 г. и начнет действовать после окончания второго периода действия Киотского протокола в 2020 г.

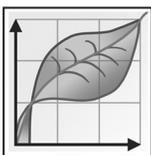
По оценкам Н. Стерна, ущерб от изменения климата составит до 5% мирового ВВП в год, а с учетом косвенного ущерба – до 20% [Stern N., et al., 2006]. В то же время затраты на сокращение выбросов, достаточные для предотвращения потепления выше 2 °С к середине XXI в., должны составить не более 1% ВВП в год. По мнению других экспертов, ущерб, указанный в докладе Н. Стерна, чрезвычайно завышен, однако он все равно остается достаточно высоким для того, чтобы признать необходимыми меры по скорейшему сокращению выбросов.

В России величина ущерба от изменения климата меньше, чем в среднем по миру, однако все равно с учетом негативных эффектов от таяния вечной мерзлоты она может составить 2–3% ВВП в год [Порфирьев, Катцов, Рогинко, 2011]. В то же время меры по сокращению выбросов могут принести чистые выгоды российской экономике как за счет сопутствующего повышения ее эффективности (особенно энергоэффективности), так и посредством получения внешних ресурсов в рамках проектов совместного осуществления Киотского протокола (в случае участия России во втором периоде его действия). В России оператором углеродных единиц является Сбербанк.

Большинство стран мира в рамках «Копенгагенского аккорда» (Климатический саммит в Копенгагене в декабре 2009 г.) впервые взяли на себя обязательства по абсолютно-умножению выбросов парниковых газов, либо по снижению их интенсивности. На данном этапе обязательства по сокращению выбросов парниковых газов имеют добровольный характер. Многие из них являются слишком «мягкими» (то есть могут быть выполнены без дополнительных усилий). Пример – отсутствие количественных ограничений на выбросы газов со стороны развивающихся стран.

По оценкам директора Центра экологических инвестиций М. Юлкина, ежегодный оборот углеродного рынка оценивается в 145–150 млрд долл. США. В настоящее время в мире реализуется 2,5 тыс. проектов по сокращению вредных выбросов. Стоимость CO₂ колеблется в диапазоне от 6,5–7 до 12 евро за тонну. Доля России в общем обороте квот ничтожна. За семь лет участия в Киотском протоколе страна продала квот на выброс углекислого газа всего на 17,6 млн т или 150–170 млн евро [Климентьев, Алексева, 2011].

В настоящее время нести обязательства по сокращению выбросов в рамках второго



периода действия Киотского протокола готовы лишь страны Европы, ряд стран с переходной экономикой и малых европейских государств (не входящих в ЕС). Скорее всего, к ним присоединятся Австралия и Новая Зеландия. Однако, несмотря на то что США, Япония, Канада, Южная Корея отказались участвовать во втором периоде действия Киотского протокола, они предпринимают активные меры по сокращению выбросов, развивая углеродосберегающие технологии, в том числе технологии возобновляемой энергетики.

Ключевыми считаются технологии возобновляемой энергетики, улавливания и захоронения парниковых газов, повышения энергоэффективности и эффективности потребления топлива автомобилями. Отдельное научно-технологическое направление, развитие которого связано с углублением международного климатического сотрудничества, представляют технологии геоинжиниринга, направленного воздействия на климатическую систему для компенсации парникового эффекта. В России они развиваются в РАН, однако в ближайшее десятилетие едва ли могут быть коммерциализованы.

В России углеродосберегающие технологии развиты крайне слабо ввиду отсутствия должной государственной поддержки. Возможно, в ближайшие годы их развитию будет дан импульс за счет мер по реализации государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».

■ Введение торговых ограничений в сфере углеродного протекционизма

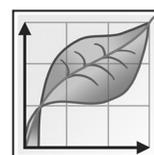
Углеродный протекционизм предполагает введение дополнительных таможенных сборов на импортируемые товары, производство которых сопровождается высоким уровнем выбросов парниковых газов. Его цель – принуждение другой стороны к более эффективному использованию углеводородного топлива. В широком смысле под углеродным протекционизмом понимается набор ограничений международных торговых потоков, накладываемых по экологическим соображениям. Результатом введения подобных ограничений станет защита производителей стран, лимитирующих выброс парниковых газов, от дешевого импорта. Однако такие меры не будут способствовать сокращению выбросов странами или компаниями.

В настоящее время проявлением углеродного протекционизма считается запрет на полеты над территорией Евросоюза авиакомпаниям, не покупающим разрешения на выбросы в рамках Европейской системы торговли квотами.

Углеродный протекционизм – неоднозначная практика, против которой выступают многие экономисты. Углеродные таможенные пошлины не только наносят урон международной торговле, но и являются очень удобным средством защиты рынков, маскируемым экологическими мотивами. По многим оценкам, экологические выгоды, которые могут быть достигнуты благодаря углеродному протекционизму, значительно уступают издержкам, которые мировая экономика понесет в результате его широкомасштабного внедрения. Немаловажно, что против углеродного протекционизма выступают как страны ВТО, так и главы ведущих государств (в частности, на встрече Большой восьмерки в 2012 г.). По правилам ВТО дискриминация может быть сделана только в отношении продукта, который представляет вред для здоровья.

Россия может быть затронута углеродным протекционизмом одной из первых из-за отсутствия в стране какого-либо законодательного регулирования парниковых выбросов. Предложения по введению углеродных таможенных пошлин против России звучали на саммите в Копенгагене в 2009 г. [Аналитические материалы к переговорному процессу по выработке нового соглашения «Копенгаген-2009», 2009]. Кроме того, российские авиакомпании входят в число тех, которые вынуждены по причине углеродного протекционизма покупать квоты на выбросы на европейском углеродном рынке.

Применение углеродных таможенных пошлин имеет ряд позитивных последствий. Главным из них становится появление стимулов для развивающихся стран ужесточать регулирование выбросов парниковых газов. Как следствие, при условии распростране-



ния практики углеродного протекционизма в развивающихся странах возможно использование углеродосберегающих технологий, а в перспективе – создание их полноценных рынков. Это в первую очередь относится к крупнейшим развивающимся странам – Китаю, Индии, Мексике, Бразилии, ЮАР, частично – к России.

В России меры углеродного протекционизма, которые могут быть предприняты против страны, скорее вызовут обратные торговые ограничения, чем послужат поводом к развитию экологического законодательства. Наиболее эффективным ответом со стороны России на планы развитых стран по введению «углеродного налога» явится повышение энергетической эффективности отечественной экономики [Шварц, 2010].

■ Рост мирового спроса на продукты питания

О проблеме роста спроса на продовольствие, обусловленного увеличением численности населения Земли, говорил еще в конце XVIII в. Т. Мальтус. По данным ФАО за 2010 г., в мире число голодающих составило порядка 925 млн чел. Продовольственный кризис 2008–2009 гг. продемонстрировал актуальность данной проблемы и в настоящее время [Ковалев, 2009]. Решение проблемы голода – одна из провозглашенных ООН целей тысячелетия.

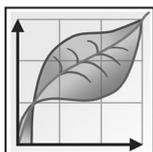
Начиная с 2000 г. динамика цен на продовольствие свидетельствует об устойчивой тенденции роста. Высокие цены на продовольствие оказывают большое влияние на уровень жизни наименее развитых стран. Для обеспечения продовольствием растущего населения требуются все большие инвестиции в сельское хозяйство. Так, согласно прогнозам ФАО, чтобы прокормить 9,1 млрд чел. в 2050 г. ежегодные инвестиции в сельскохозяйственное производство и сопутствующие услуги развивающихся стран должны составлять 83 млрд долл. США [На горизонте 2050 год – миллиарды потребуются на сельское хозяйство, 2009]. Кроме того, в течение следующего десятилетия цены на продовольствие останутся на высоком уровне [OECD–FAO Agricultural Outlook 2011–2020, 2011]. В наибольшей степени тренд может проявиться уже к 2022 г.

Выделяют факторы, воздействующие на рост спроса на продукты питания. В первую очередь к ним относится увеличение численности населения. Значительную роль играет и изменение структуры потребления продуктов питания: по мере роста дохода население стремится к смене своего рациона, в частности к обогащению его белковыми компонентами [Clapp, Cohen, 2009]. На фоне существенного роста спроса предложение увеличивается значительно меньшими темпами в силу таких причин, как деградация сельскохозяйственных земель, а также отвлечение земель для производства биотоплива [Pfeiffer, 2006; REN21. Renewables 2011 Global Status Report, 2011].

Для удовлетворения растущего спроса потребуются развитие технологий увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе с применением ГМО. Более широкое распространение получают автоматизация и компьютеризация в сельскохозяйственном производстве, расширится применение технологий поточного производства в животноводстве, жидкого кормления, беспривязного и низкозатратного содержания животных. Это, в свою очередь, вызовет рост спроса на соответствующие товары. Производство продовольственной продукции требует значительных объемов водных ресурсов, в связи с чем будут активно развиваться технологии бережного использования воды.

Потребление продуктов питания и калорийность рациона в расчете на душу населения в России возрастет, однако доля потребления дорогостоящей продукции и здоровой пищи останется сравнительно небольшой. Общемировой рост стоимости продовольствия обусловит повышение и внутренних цен, что приведет к уменьшению его доступности для беднейших слоев населения.

Наиболее уязвимыми с точки зрения продовольственной безопасности являются страны Африки южнее Сахары и Южной Азии. При этом в силу ограниченности внутренних возможностей для увеличения производства продовольствия эти страны будут удовлетворять спрос за счет импорта.



Именно с производством продовольствия для экспорта связаны значительные возможности России, открывающиеся по мере усиления данного тренда, что отметили более 70% экспертов. Следует ожидать увеличения роли России в качестве поставщика продовольственного сырья. Основные потоки экспорта продовольствия будут направлены в Китай, Монголию, Японию, страны Ближнего Востока и Северной Африки.

■ Сокращение доступности пресной воды и увеличение конкуренции за воду

В настоящее время ряд государств (Индия, Саудовская Аравия, Мексика, Иран, Казахстан, Испания) испытывают нехватку водных ресурсов, около 3 млрд чел. находятся в состоянии водного стресса. Изменения климата и обусловленное ими увеличение количества природных бедствий и усугубление тенденции аридизации ряда территорий еще более обостряют проблему доступа к пресной воде (преимущественно это касается беднейших стран). При этом продолжится рост глобального спроса на воду: прогнозируется увеличение спроса со стороны промышленных предприятий (+400%), теплоэлектростанций (+140%) и домохозяйств (+130%) [Перспективы окружающей среды ОЭСР на период до 2050 года, 2012].

С точки зрения обеспечения водными ресурсами Россия является благополучной страной. Она занимает второе место в мире по объему стока, уступая лишь Бразилии. Данный тренд создает умеренные возможности для реализации потенциала России как производителя и экспортера водоемкой продукции.

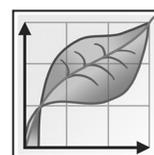
Дефицит воды сопряжен с ущербом для здоровья людей [Barlow, 2007], обострением проблемы обеспеченности населения продовольствием, нарушением условий хозяйственной деятельности, возникновением межгосударственных конфликтов, в том числе и вооруженных. В мире существует 263 трансграничных водных бассейна, расположенных на территории 145 стран [Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007]. В настоящее время обостряются многие приграничные межбассейновые конфликты: в бассейнах Нила (11 стран), Евфрата (Турция – Сирия – Ирак), Иордана (Израиль – Палестина), Меконга (Китай – Лаос), Амударьи и Сырдарьи (государства Средней Азии) и др. В условиях иных противоречий (как между Израилем и Палестиной) водный конфликт может привести к военным действиям. Государства, расположенные в верховьях рек (например, Узбекистан или Турция), нередко используют контроль над водным стоком в качестве геополитического оружия.

Другим фактором, способствующим усилению напряженности при распределении водных ресурсов, является тенденция к трансграничным сделкам с землей. Богатые государства Персидского залива и Восточной Азии приобретают огромные площади (прежде всего в Африке) для производства продовольствия для собственных нужд. Таким образом, они фактически получают право на использование расположенных на этих землях водных ресурсов, вступая в конфликт с интересами местного населения. Такая тенденция позволяет предположить, что в течение ближайшего десятилетия новые очаги конфликтов из-за воды возникнут и в Африке.

Для обеспечения рационального использования водных ресурсов необходимо развитие технологий очистки сточных и дренажных вод промышленных производств, сточных вод населенных пунктов и селитебных зон, полного рециклинга, восстановления качества воды в поверхностных водных объектах и загрязненных подземных вод и др.

Вода до сих пор рассматривается как «нерыночный» ресурс, а все попытки провести монетаризацию водных ресурсов ограничивались отдельными странами или немногими секторами экономики. Такие попытки даже в орошаемой земледелии имели «смешанный» эффект из-за низкой эластичности воды как товара. Но ситуация может измениться при развитии международной торговли водой, что представляется актуальным, например, для стран Центральной Азии и Китая.

Мировым лидером в области развития водосберегающих технологий является Изра-



иль. В сельском хозяйстве водосберегающие технологии широко применяются в Латинской Америке (Бразилии и Аргентине). Технологии опреснения воды развиты в Израиле, странах Персидского залива (ОАЭ, Саудовской Аравии), Южной Кореи. Научно-исследовательские разработки в сфере водосбережения и очистки воды активно реализуются в США.

■ Истощение запасов некоторых стратегических минеральных ресурсов

Несмотря на увеличение доли возобновляемых источников энергии, потребности в горючих полезных ископаемых в абсолютных показателях будут расти. Прогнозируется, что они останутся важнейшим источником энергоснабжения по меньшей мере до 2030 г. При этом существует множество прогнозов относительно «пика добычи нефти», а также сроков ее истощения. Постоянно корректируются данные относительно общего объема мировых запасов нефти. По мнению экспертов, наибольшее влияние данный тренд будет оказывать к 2024 г.

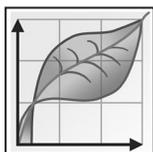
Согласно данным на конец 2013 г., мировые запасы нефти увеличились по сравнению с 2011 г. на 0,9% и составили 1,688 трлн барр. [BP Statistical Review of World Energy, 2014]. Кроме того, меняется и соотношение стран по объему располагаемых нефтяных ресурсов. Так, в 2012 г. Венесуэла вышла на первое место в мире по уровню доказанных запасов нефти, опередив Саудовскую Аравию. Таким образом, говорить о физическом исчерпании запасов нефти в настоящее время преждевременно (по нынешним оценкам BP, ее должно хватить на 53 года), однако все большую долю запасов составляют месторождения, требующие значительных затрат для разработки и наличия новых технологий (добыча нефти на океанском шельфе, из битуминозных песков и горючих сланцев и т.д.). Например, по данным Геологической службы США (2009), запасы нефти в Арктическом регионе оцениваются в 90 млрд барр., при этом стоимость добычи нефти там может достигать до 100 долл. США за барр.

Для России данный тренд создает одновременно и значительные возможности, и угрозы. Согласно данным BP Statistical Review of World Energy Россия обладает 5,5% мировых доказанных запасов нефти и является одним из ведущих нефтепроизводителей. Сильная зависимость российской экономики от ситуации на рынке нефти обуславливает ряд рисков для стабильного развития. Большое значение приобретает обеспечение безопасности нефтедобычи, в особенности в Арктическом регионе.

Помимо нефти критическое значение имеют запасы еще 14 видов полезных ископаемых в силу их использования при производстве современных высокоточных приборов и в энергосберегающих технологиях и быстрых темпов истощения в ближайшие десятилетия. К таким ресурсам относятся запасы галлия (используется в производстве фотогальванических панелей и микрочипов), тантала (конденсаторы в микроэлектронике), германия (стекловолоконные кабели) и неодима (магниты). Основные запасы многих критически важных элементов сосредоточены в Китае, включая неодим, сурьму, галлий, германий, графит, индий, магний, вольфрам и др. [Романова, 2010], незначительные запасы имеются в Индии, Бразилии и Малайзии. Технологические инновации, особенно в области конвергентных NBIC-технологий (конвергенция нано-, био-, информационных и когнитивных технологий), значительно увеличат спрос на некоторые минералы и металлические полезные ископаемые (например, литий), которые раньше извлекались в ограниченных объемах [The European Environment – State and Outlook 2010, 2011].

Серьезное значение будет иметь истощение запасов фосфоритов как основного сырья для производства минеральных удобрений. Запасы фосфоритов сосредоточены всего в нескольких странах – в Марокко (40% всех запасов), Китае и США. Рост сельскохозяйственного производства приведет к увеличению потребности в фосфоритах на 50–100% к 2050 г.

Растущие потребности стран мира приведут к монополизации доступа к стратегическим ресурсам. Например, в сентябре 2010 г. Китай ввел эмбарго на поставки редкоземельных металлов в Японию в ответ на арест траулера, который вел промысел в



спорной акватории Восточно-Китайского моря [Романова, 2010]. Таким образом, критическое значение приобретает международное регулирование обеспечения стабильности поставок редкоземельных металлов и разработка технологий, обеспечивающих их добычу. Вероятно, перспективными будут технологии повторного использования при обеспечении возможностей извлечения редких металлов из электронных монтажных плат при утилизации вычислительной техники.

Россия обладает значительными запасами фосфоритов – крупнейшие в мире запасы апатитов сосредоточены на севере Кольского полуострова. Кроме того, наша страна контролирует добычу металлов платиновой группы (платина, палладий, иридий, родий, рутений, осмий), которые критически важны для развития современных технологий. Для максимально эффективного использования возможностей России необходимо сокращать долю сырьевого экспорта данной группы металлов и расширять производство конечных продуктов.

■ Рост нефтегазодобычи на шельфе, ускоренное освоение Арктики

В условиях угрозы истощения сырьевых ресурсов и постоянно возрастающего спроса на них разработка новых месторождений в Арктическом регионе представляется эффективным способом если не решения, то длительной отсрочки проблемы перехода к альтернативным источникам энергии. По расчетам экспертов, запасы нефти и природного газа в Арктическом регионе составляют порядка 100 млрд т и 50 трлн куб. м соответственно.

Поиск и добыча полезных ископаемых на шельфе, и в Арктике в частности, в настоящее время осложнены отсутствием экологически безопасных технологий и наличием неотрегулированных вопросов по национальным границам арктического шельфа. Чем больше появится технологических перспектив на добычу на шельфе, тем больше будет проявляться геополитическая конкуренция между странами в «спорных» регионах. Это приведет к усилению нестабильности в мире. Возможно, по мере уменьшения спроса на ископаемое топливо экономические перспективы добычи на арктических шельфах также будут сокращаться.

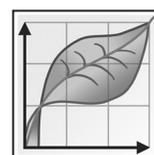
Нефтегазодобыча на арктическом шельфе сопряжена с рядом издержек экономического и социального характера. Для ведения работ по добыче углеводородов в условиях Арктики необходимы соответствующие технологии, разработка которых требует вложения значительных финансовых ресурсов, а также комплексная проработка страховых механизмов возмещения ущерба от возможных аварий, который, по оценкам ряда экспертов, на настоящий момент не способна покрыть ни одна страховая компания [Защитим Арктику]. Существенного уровня на настоящий момент достигло нефтяное загрязнение рек Арктического бассейна, концентрация загрязняющих веществ на многих участках акватории Баренцева, Белого, Карского морей и моря Лаптевых в 2–3 раза превышает норму [Нефтегазовое освоение Арктики: какой ценой, 2011].

Социальный ущерб в первую очередь обусловлен загрязнением питьевой воды и продуктов питания, что ведет к увеличению частоты инфекционных и онкологических заболеваний, болезней органов дыхания и нервной системы и др.

Кроме того, сопряженные с активным освоением Арктики изменения существенно ухудшают положение малых коренных народов. Значительные риски связаны и с изменениями климата, которые могут вызвать разрушение инфраструктуры добывающей промышленности в Арктике, что с большой вероятностью повлечет за собой экологическую катастрофу.

Согласно утвержденной Минэнерго Энергетической стратегии до 2030 года, за 20 лет добыча нефти в стране должна вырасти до 530 млн т. Этого показателя можно достичь главным образом за счет ввода в эксплуатацию новых месторождений в Восточной Сибири и разработки континентального шельфа.

Вместе с тем в России разработка технологий доразведки, добычи и транспорти-



ровки углеводородов из районов Крайнего Севера и арктического шельфа, удовлетворяющих экономическим и экологическим требованиям, в настоящее время возможна при условии существенного использования зарубежных достижений.

Технологии разработки месторождений в условиях Арктики активно развиваются в США и Норвегии. По уровню технологического развития в области шельфовой нефтегазодобычи Россия в целом отстает от упомянутых стран, однако имеет ряд инновационных разработок, не только не уступающих, но и превосходящих мировой уровень.

В России разрабатываются и собственные технологии добычи месторождений углеводородов на шельфе арктических морей. Для уменьшения стоимости и увеличения безопасности проводимых работ предлагается осуществлять добычу с суши при помощи бурения наклонных скважин [Кульчицкий, 2008]. Такой метод приобретает особое значение в условиях нехватки производственных мощностей для обеспечения нефтегазодобывающей отрасли ледостойкими платформами и танкерами ледового наполнения.

■ Рост добычи нефти из нефтеносных песков и горючих сланцев

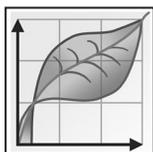
По мере обострения проблемы исчерпаемости традиционных нефтяных запасов все больший интерес представляет так называемая «нетрадиционная» нефть: тяжелая нефть, битуминозные пески и нефтяные сланцы. Нефтеносные пески представляют собой породы, состоящие из плотной и вязкой нефти, песка, глины и воды. Сланцы содержат незрелую нефть (кероген), которая никогда не подвергалась воздействию высоких температур [Перспективы энергетических технологий, 2006].

«Нетрадиционная» нефть имеет достаточно низкую стоимость добычи: 11 и 15 долл. за баррель для горючих сланцев и нефтеносных песков (при подземной добыче) соответственно [Перспективы энергетических технологий, 2006]. В случае осуществления открытой добычи нефти из битуминозных песков себестоимость барреля снижается еще больше, но значительная часть запасов находится на глубине. Добыча нефти из нефтеносных песков очень водозатратна: для получения одного барреля нефти требуется от 2 до 4,5 барр. воды. Кроме того, в районах добычи разрушаются экосистемы, сводятся леса. Добыча нефти из битуминозных песков сопряжена со значительными объемами выбросов парниковых газов: выбросы на месторождении Альберта составляют треть всей эмиссии парниковых газов в Канаде [Alberta's Oil Sands: Key Issues and Impacts, 2008].

Основные запасы битуминозных песков сосредоточены в Канаде и Венесуэле, горючих сланцев – в США (Green River), Австралии, Бразилии, России, Эстонии и Китае. Мировые запасы нефти, доступной для получения из горючих сланцев, оцениваются в 2,8 трлн барр. Запасы битуминозных песков составляют порядка 3 трлн барр. [2004 Survey of Energy Resources, 2004].

Важным направлением для России может стать освоение запасов Баженовской свиты с высокой насыщенностью высококачественной нефтью, обнаруженных в Западной Сибири на глубинах 1500–3000 м. Ее разработки экономически более выгодны, чем добыча нефти на шельфе или в Восточной Сибири, так как в Западно-Сибирском регионе уже создана необходимая инфраструктура нефтедобычи, что уменьшает экономические затраты и экологические издержки [Карагодин, 2011]. Однако пока не разработана методика оценки и прогноза запасов такой нефти. В 2013 г. «Газпром нефть» и Shell создали совместные предприятия для разработки ресурсов Баженовской свиты. Начато бурение разведочных скважин, на основании которого будет принято решение о перспективах разработки этих ресурсов.

Активное развитие добычи альтернативных углеводородов в Канаде, Венесуэле и США может оказать значительное влияние на энергетические рынки, усиливая их локализацию, что может негативно сказаться на российском экспорте. США являются лидером по разработке и применению высокотехнологичных решений для добычи тяжелой нефти.



В то же время существует точка зрения на то, что прогнозы Международного энергетического агентства в значительной степени преувеличивают роль США на мировом рынке нетрадиционных углеводородов. Некоторые российские эксперты обоснованно полагают, что невозможно увеличивать экспорт газа и при этом сохранять сверхнизкие цены на внутреннем рынке, необходимые для стратегии возвращения промышленных производств. Поэтому очевидно, что правительство США не заинтересовано в расширении экспорта американского газа [Итоги 2012 г. для российского нефтегаза].

Данное направление в России развито относительно слабо: по степени внедрения и распространения технологий экологически безопасной добычи тяжелой нефти отставание от других ведущих нефтедобывающих стран значительно. В то же время на долю России приходится 11% мировых запасов горючих сланцев, имеются запасы битума в Западной Сибири и Волго-Уральском бассейне. Таким образом, особое значение приобретает развитие технологий, нацеленных на повышение нефтеотдачи из коллекторов с вязкой и тяжелой нефтью. На настоящий момент наиболее конкурентоспособной, относительно рентабельной и экологически безопасной технологией в этом отношении является забойное парогазовое воздействие, разработанное ОАО «Российская инновационная топливно-энергетическая компания» (РИТЭК). Перспективные технологии по добыче вязкой нефти и битумов разработаны и запатентованы специалистами Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина.

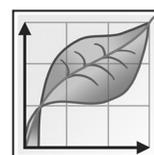
■ Увеличение затрат на охрану окружающей среды

Затраты на охрану окружающей среды могут рассматриваться как пример финансирования государством общественных благ путем перераспределения средств внутри общества для обеспечения потребностей всех граждан. Более того, эффект от мероприятий по охране окружающей среды, осуществляемых в одной стране, может проявляться за ее пределами. Меры по контролю кислотности осадков улучшают среду обитания граждан не только одной страны, так как имеют трансграничный характер. Наконец, меры, предпринимаемые государством по сокращению выбросов парниковых газов, вносят вклад в увеличение стабильности глобальной окружающей среды.

Макроэкономический эффект расходов на охрану окружающей среды, на экономический рост, производительность и внешнюю торговлю незначителен, но на уровне компаний влияние может быть очень существенным. Компании выделяют на мероприятия по охране окружающей среды от 2 до 16% своих инвестиций. В 1990-х гг. затраты бизнеса на предотвращение загрязнения воздуха, вод и нейтрализации отходов достигали в США 53% общих затрат страны на охрану окружающей среды, в Великобритании – 68%, во Франции – 27%, в Нидерландах – 37%. Для сравнения – вклад коммунальных служб в этих странах не превышал 6–8% от общих затрат на охрану окружающей среды [Pearce, Palmer, 2001].

Для разных секторов экономики принятие более строгих экологических стандартов, например в формате требования использовать НДТ, означает повышение стоимости продукции. Самые умеренные оценки для промышленности США показывают, что каждый доллар экологических затрат предприятий приводит к увеличению стоимости их продукции на 13 центов [Morgenstern, Pizer, Shih, 1997]. Понятным исключением являются компании, производящие очистные установки и оборудование для контроля качества окружающей среды. Этот рынок составит в следующем десятилетии сотни миллиардов долларов.

Общей тенденцией в мире является увеличение затрат на общественные нужды с ростом экономик развитых стран [Tanzi, Schuknecht, 2000]. Связь между ростом ВВП и увеличением затрат на охрану окружающей среды также очень сильна [Pearce, Palmer, 2001]. В настоящее время затраты на природоохранные мероприятия составляют от 0,1 до 2% ВВП. При этом ежегодные потери ВВП вследствие только атмосферных загрязнений достигают во Франции 0,7–0,9%, в Италии – 0,7%, в Великобритании – 1,7–2,3%, в США – 2,2–2,9%. В одном из докладов ООН размер ущерба глобальной окружающей



среде в 2009 г. оценивается в 6,6 трлн долл. США, или 11% мирового ВВП. Ущерб к 2050 г. может составить 28 трлн долл. США [Putting a Price on Global Environmental Damage, 2010]. Современные объемы экологических затрат недостаточны для предотвращения деградации окружающей среды. Можно прогнозировать, что доля природоохранных затрат в развитых экономиках вскоре достигнет 3–4% ВВП.

В Российской Федерации в 2011 г. государственные ассигнования на охрану окружающей среды достигли 412 млрд руб. Они постоянно растут – по сравнению с 2005 г. эти расходы увеличились в 1,7 раза в фактически действовавших ценах [Затраты на охрану окружающей среды, 2012]. Однако в структуре общих расходов бюджета эти показатели остаются незначительными (порядка 0,7% от ВВП).

Российская Федерация лидировала среди стран СНГ в отношении экологических затрат на душу населения – около 160 долл. США. Однако в странах СНГ под экологическими затратами понимаются средства, потраченные государством и частными компаниями не только для сокращения или предотвращения загрязнения воздуха, вод и почв, но и так называемого «управления ресурсами». В статистике стран ОЭСР под «экологическими затратами» понимаются средства, направленные непосредственно на борьбу с загрязнением окружающей среды, за исключением затрат на управление национальными парками, природными резерватами, рекультивацию земель при добыче полезных ископаемых, охрану здоровья работников на рабочих местах и т.д. [Pearce, Palmer, 2001]. В связи с этим для обоснованной оценки ситуации в странах СНГ необходима гармонизация статистики экологических расходов в странах СНГ и ОЭСР.

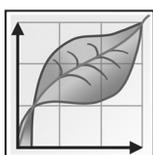
2.2. Социальные тренды

■ Увеличение доли городского населения

В настоящее время более половины населения Земли – городские жители. По прогнозам, к 2050 г. численность городского населения составит 6,2 млрд человек, то есть около 70% прогнозируемого населения планеты [Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction, 2012]. Жизнь в городах приносит существенные социально-экономические преимущества: большой потенциал осуществления хозяйственной деятельности, доступ к широкому перечню услуг сферы образования, здравоохранения и культуры. При этом большинство исследователей и экспертов сходятся во мнении, что ускоренная урбанизация, особенно в бедных странах, несет больше угроз, чем возможностей.

Наибольший прирост жителей ожидается в городах менее развитых стран: к 2019 г. население городов и сельской местности в менее развитых странах станет равным, после чего сельское население начнет сокращаться, а городское продолжит расти [World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, 2008]. Уровень экономического развития этих стран не позволяет обеспечить устойчивость функционирования агломерации. Еще одной угрозой с точки зрения возрастающей урбанизации является распространение риска природных бедствий на все большее число людей. По данным за 2011 г., около 450 городских территорий (890 млн человек) расположены в районах, имеющих высокий уровень уязвимости как минимум в отношении одного типа природных рисков. Такие города, как Токио, Шанхай, Манила и Лос-Анджелес, находятся в трех верхних децилях по уязвимости сразу перед несколькими типами рисков [World Urbanization Prospects: The 2011 Revision, 2012].

Одной из основных проблем ускоренной урбанизации является разрушение и загрязнение окружающей среды. Увеличение числа транспортных средств и промышленных предприятий обуславливает рост выбросов вредных веществ, что приводит к загрязнению воздуха. Возрастает объем промышленных и коммунальных сточных вод, сбрасываемых в реки, озера или моря без надлежащей степени очистки. Это в ближай-



шем будущем может привести к непригодности водных ресурсов. Наравне с водой и воздухом значительному негативному воздействию в условиях городов, особенно крупных, подвергается почва.

Острейшая проблема городов – хранение и утилизация отходов. Объем мусорных свалок растет в 3–4 раза быстрее, чем численность мирового населения [Ларионов, Шершнев, 2000]. В результате мир сталкивается также с проблемой биологического (за счет образования биологических газов) и токсического (наличие тяжелых металлов) загрязнения. Процент экологически приемлемо организованных полигонов во всем мире критически мал, значительная часть отходов хранится на свалках, территории которых продолжают загрязнять окружающую среду ядами и токсинами в течение длительного времени даже после закрытия.

Развитие данного тренда способствует распространению технологических решений, направленных на решение проблем дефицита воды и продовольствия, загрязнения воздуха и обеспечения «экологизации» экономики с поправкой на необходимость реализации мер по обеспечению функционирования больших городов (управление миграционными потоками, безопасные условия проживания, стабилизация экономических издержек и др.). Наибольшее проявление данного тренда следует ожидать к 2023 г. Для недопущения катастрофических последствий ускоренной урбанизации к этому времени должны быть разработаны и внедрены в практику соответствующие технологии заготовки и утилизации вторичного сырья; пиролиза (газификация) твердых бытовых отходов с последующим использованием очищенного генераторного газа; технологии утилизации бытовых отходов, безопасного строительства, сокращения загрязнения воздуха.

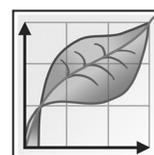
К странам – лидерам по разработке соответствующих технологий относятся Япония, США, страны ЕС, а также страны, наиболее успешно развивающие технологии в рамках какого-либо одного направления (например, для водосбережения – Израиль).

В России наиболее острые проблемы, связанные с урбанизацией, отмечаются в Московской агломерации, которая возглавляет список 10 крупнейших городов, наименее подверженных природным рискам. Одна из основных проблем Московского региона – утилизация отходов. Мусорные полигоны Москвы и Московской области переполнены. По данным статистической отчетности, образование отходов в России составляет 3,5 млрд т в год, из них промышленных отходов – 90% [Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г.».]. Кроме того, в перспективе крупные города России (в особенности Москва) могут столкнуться с угрозами превышения предельной восстановительной способности водных систем, поэтому требуется внедрение технологий бережного водопользования, очистки промышленных и бытовых стоков, рециклинга.

■ Рост мобильности населения, связанной с рекреационным использованием территории

Этот тренд проявляется в стремительном развитии международного туризма, что становится одной из наиболее ярко выраженных тенденций современной мировой экономики. Развитие транспортных перевозок, повышение уровня жизни, широкое распространение информации, рост уровня образования – все эти тенденции способствуют ежегодному увеличению числа туристов. В 2011 г. число туристических посещений, связанных с рекреационным освоением территории (поездки с целью отдыха, рекреации, проведения каникул), достигнув исторического максимума, превысило 0,5 млрд человек, что составило 0,51% от всех туристских прибытий, зарегистрированных в 2011 г. [UNWTO Tourism Highlights, 2012].

Несмотря на то, что туризм приносит множество преимуществ для стран приема, он несет и определенные угрозы. В первую очередь это рост рекреационной нагрузки на территорию, который может превысить ее рекреационную емкость, что делает возможным разрушение экосистем. Рост рекреационной активности населения особенно



опасен для регионов со слабым природоохранным законодательством или с ограниченными ресурсами. Стоит отметить, что многие основные туристские дестинации (в том числе Средиземноморье) расположены в районах с неустойчивыми экосистемами. Процессы разрушения экосистем уже наблюдаются во многих районах прибытия туристов, в том числе на побережье Красного моря в Египте, Большом барьерном рифе у берегов Австралии и др.

Другая опасность для окружающей среды связана с увеличением выбросов парниковых газов от пассажирской авиации: 51% всех туристов добираются до дестинации на авиатранспорте [UNWTO Tourism Highlights, 2012], и этот показатель с каждым годом растет. В то же время на долю гражданской авиации, по данным Еврокомиссии, приходится около 3% всех выбросов парниковых газов [Катенева, 2012].

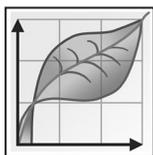
Рост туристической деятельности можно рассматривать как наиболее зримую форму глобализации мира. Действие тренда приводит к формированию целых регионов, в которых основным источником дохода является туризм. Туристическая и рекреационная деятельность впервые стала выступать как реальная альтернатива сельскохозяйственному использованию земель. Для некоторых (маргинальных) регионов такое альтернативное использование имеет позитивный эффект как единственное средство от запустения сельской местности, в других, где под рекреационные или селитебные нужды отводятся плодородные угодья, результаты носят противоречивый характер.

Увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы в период пика туристских прибытий делает необходимым более активное внедрение в туристских дестинациях природоохранных технологий – очистки морских побережий (как пляжей, так и морской акватории), водосбережения, возобновляемой энергетики, зеленого строительства и т.д. Разработке программ действий в сфере устойчивого туризма для правительств посвящен совместный документ Всемирной туристской организации, Всемирного совета по путешествиям и туризму и Совета Земли «Повестка дня на XXI век для отрасли путешествий и туризма» [Agenda 21 for the Travel & Tourism Industry]. Инициаторами действий по поддержке экологически безопасного туризма являются страны ЕС, в особенности страны Балтии и Средиземноморья.

Развитие данного тренда в России может быть связано с появлением ряда возможностей. В нашей стране существуют регионы, рекреационное использование которых планируется существенно увеличить в ближайшее десятилетие. Это, прежде всего, Северный Кавказ, Алтайский край и побережье озера Байкал. При этом рекреационное освоение этих территорий уже в настоящее время связано с существенным экологическим ущербом. Технологии, направленные на то, чтобы уменьшить рекреационную нагрузку на экосистемы, применяются в данных регионах ограниченно и развиты в России относительно слабо.

■ Рост численности населения, проживающего в условиях водного стресса

За последние несколько десятилетий вода превратилась в важнейший экономический ресурс, оказывающий существенное влияние на расстановку сил на международной арене. Дефицит воды усиливается в мировом хозяйстве в связи с разнонаправленным движением спроса и предложения на это благо. В то время как спрос на воду вырос более чем в 3 раза по сравнению с серединой XX в. [Данилов-Данильян, Лосев, 2006], предложение водных ресурсов постоянно сокращается. В итоге, несмотря на то, что Декларация тысячелетия ООН содержит цель – вдвое сократить число людей, не имеющих доступа к воде, в настоящее время водный стресс испытывают около 2,8 млрд человек, а к 2030 г. это число может достигнуть 3,9 млрд человек [World Economic Forum Water Initiative. Draft for Discussion at the World Economic Forum Annual Meeting, 2009]. Водный стресс характеризуется потреблением воды менее 1700 куб. м в год на человека. В районах, где обеспечение водой опускается ниже 1000 куб. м/год на человека, возникают про-



блемы с производством сельскохозяйственной продукции и экономическим развитием. Наибольшие темпы роста населения в регионах водного стресса в основном характерны для развивающихся стран. Их население не может позволить себе использование более эффективных способов потребления воды, так как их внедрение требует значительных финансовых вложений, что в свою очередь приводит к обострению водного дефицита.

Нехватка воды ведет к ущербу здоровья населения (уже в настоящее время 80% всех болезней обусловлено отсутствием доступа к пресной воде удовлетворительного качества [Barlow, 2007]), обострению проблемы обеспеченности мирового населения продовольствием (сельское хозяйство является наиболее водоемкой отраслью, потребляя 70% мирового водозабора), возникновению межгосударственных конфликтов, в том числе и вооруженных.

России, наряду с Канадой и Бразилией, не грозит водный кризис. Однако нехватка воды может ощущаться в отдельных регионах, например на Северном Кавказе. Кроме того, угрозы для России могут возникать в связи с нестабильностью в регионах, с ней граничащих (например, в Центральной Азии).

Ситуация усугубляется тем, что в наименьшей степени водой обеспечены регионы, которые:

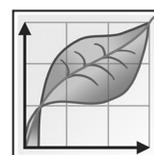
- 1) сталкиваются с бурным ростом населения (например, Сахель или Индия);
- 2) испытывают быстрый экономический подъем (Индия, Китай), требующий наращивания масштабов потребления водных ресурсов;
- 3) используют ирригационное земледелие как основу обеспечения собственной продовольственной безопасности (Ближний и Средний Восток, Китай, Центральная Азия);
- 4) имеют невысокий уровень технологического развития, препятствующий внедрению эффективных водосберегающих технологий (страны Северной Африки, Ближнего Востока, Центральной Азии).

Увеличение численности населения, живущего в условиях водного стресса, потребует изменения существующих методов хозяйствования в водном секторе. Проблему нехватки пресной воды можно смягчить посредством наращивания масштабов торговли водоемкой продукцией, оптимизации водопотребления, а также развития новых технологий. К последним относятся, в частности, системы альтернативного питьевого и промышленного водоснабжения (например, системы многократного использования воды в быту), водосберегающие технологии (например, технологии капельного и подпочвенного орошения в сельском хозяйстве), технологии очистки воды и ее опреснения (прежде всего, с помощью тепловой энергии и методом обратного осмоса). Необходимо активизировать исследования гидрологического состояния и режима рек, в том числе на базе космического мониторинга.

В России существуют научно-исследовательские учреждения, специализирующиеся на развитии технологий опреснения морской воды. Отдельные проекты опреснения реализованы, в частности на о. Русский в г. Владивостоке. В то же время уровень развития соответствующих технологий значительно отстает от стран-лидеров. Технологии водосбережения и водоочистки в России развиты относительно слабо.

■ Распространение в новые районы заболеваний, вызванных климатическими причинами

В настоящее время изменение климата рассматривается наравне с другими известными факторами риска для здоровья населения – загрязнением окружающей среды, продовольственной проблемой, ухудшением качества питьевой воды и т.п. Особое значение приобретают косвенные последствия изменения климата. Климат воздействует на изменение границ и структуру ареалов инфекционных и паразитарных болезней, которые передаются через воздух, воду, почву, продукты питания. Повышение среднесуточных температур, как частное проявление глобальных климатических изменений, уже привело к увеличению заболеваемости диареей на 2,4% и является фактором риска при-



близительно в 30% случаев сальмонеллеза [Climate Change and Human Health – Risks and Responses, 2003]. Возможно усложнение эпидемиологической обстановки в регионах с умеренным климатом, в частности распространение инфекций с юга на север [Ревич, Малеев, 2003]. Изменение климата оказывает большое влияние на географию болезней, передаваемых биологическими переносчиками (членистоногими), распространение которых обусловлено температурными факторами. В первую очередь это трансмиссивные заболевания, такие как малярия, лихорадка Западного Нила и клещевые инфекции.

В целом очевидно, что изменения климата могут усложнить социально-экономическую и медико-экологическую ситуацию в мире. Группу риска составляют социально незащищенные слои населения. Отдельной проблемой являются затраты на диагностику заболеваний, возникших вновь в регионе после длительного отсутствия, и последующее лечение больных.

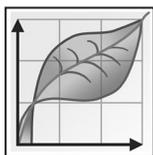
Климатические изменения сказываются как на трансформации спектра болезней, характерного для тех или иных территорий, так и на появлении новых патологий. В частности, в некоторых регионах возможно восстановление ранее уже искорененных заболеваний, таких как, например, малярия [Michael, Spear, 2010]. В мире эта болезнь ежегодно поражает более 500 млн чел. в 90 странах, из которых 1,5–2,7 млн чел. умирают, а на борьбу с заболеванием тратится 40% от всех расходов здравоохранительной системы [Global Environmental Outlook 4, 2007]. По мнению экспертов ВОЗ, повышение температуры на 2–3 °С приведет к резкому увеличению в мире числа людей, которые могут заболеть малярией.

К настоящему времени в России уже накоплены разносторонние наблюдения и данные, характеризующие влияние климатических изменений на различные стороны эпизоотологии и эпидемиологии инфекционных болезней человека. Например, с 1999 г. регистрируются вспышки малярии, а также лихорадки Западного Нила, которые, наряду с другими факторами, связаны с аномально высокими температурами воздуха. В 2010 г. в Российской Федерации зарегистрирован эпидемический подъем заболеваемости лихорадкой Западного Нила. Зафиксирован 521 случай (показатель заболеваемости составил 0,37 на 100 тыс. населения), в том числе среди детей. На фоне сокращения контроля размножения комаров-переносчиков угрозой является обнаружение переносчика особо опасных инфекций лихорадки Денге и желтой лихорадки – комара *Aedes aegypti*⁸ в 2001–2004 гг. на Черноморском побережье Краснодарского края. Увеличение количества дней с высокой температурой приводит к активизации клещей и росту заболеваемости переносимыми ими инфекциями – клещевым боррелиозом и клещевыми риккетсиозами. В России наметился рост заболеваемости Крымской геморрагической лихорадкой, а также наблюдается распространение Омской геморрагической лихорадки к северу от традиционной зоны регистрации [Ревич, Малеев, 2003].

Указываемый экспертами период времени, когда тренд может проявиться в наибольшей степени, а именно 2026 г., совпадает с экспертными оценками ВОЗ.

Трансмиссивные заболевания, поражающие более 700 млн человек в год, считаются наиболее подверженными воздействию изменений климатических условий и состояния окружающей среды. Расширение границ более теплых зон увеличит ареалы комаров и клещей – основных переносчиков инфекций. Лишь для отдельных нозоформ, прежде всего малярии, разработаны модели трансформации ареала инфекции в зависимости от различных климатических сценариев [Michael, Spear, 2010; van Lieshout, Kovats, et al., 2004; Малхазова, Шартова, Крайнов, 2012]. К странам, лидирующим в области разработок технологий медико-биологического мониторинга, следует отнести США. Новые угрозы для здоровья населения определяются в рамках деятельности общей системы контроля Centers for Disease Control and Prevention (www.cdc.gov).

В большинстве субъектов Российской Федерации сокращается число пунктов на-



⁸ Государственные доклады о санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации, 2000–2010 гг.

блюдений за распространением переносчиков, ослаб контроль эффективности проведения дезинсекционных мероприятий, требуются достоверные данные об изменении границ ареалов инфекционных болезней на основе не только натуральных наблюдений, но и по результатам моделирования. Очевидно, что необходимо провести оценку воздействия климатических изменений на появление новых и возвращающихся инфекций, разработать научно обоснованный краткосрочный и долгосрочный прогнозы возможных последствий для здоровья населения наиболее уязвимых регионов. Кроме того, должна быть создана система профилактических мер, включающих образование и обучение населения и специалистов, улучшение системы эпидемиологического надзора и подготовки медицинского персонала к изменившейся структуре и особенностям болезней. Необходимы также ответы со стороны медицины, например, в части разработки экспериментальных образцов новых вакцин, в том числе комбинированных.

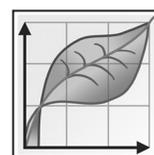
■ Рост заболеваемости и смертности от загрязнения воздуха, водоемов и водотоков

С ростом городов увеличивается, с одной стороны, количество источников загрязнения, а с другой стороны, количество людей, подвергающихся воздействию этих загрязнений. Город с населением 1 млн человек выбрасывает в атмосферу ежегодно 10 млн т водяного пара, 2 млн т газов, около 200 тыс. т пыли и до 150 т тяжелых металлов. Во всем мире более 1 млрд городских жителей подвержены воздействию опасно загрязненного воздуха [Air quality guidelines for Europe, 2008]. Пребывание людей под воздействием загрязнителей влечет за собой разнообразные медицинские последствия – от физиологических изменений в органах дыхания и сердечно-сосудистой системе до существенно ущерба здоровью, вплоть до госпитализации. По оценкам ВОЗ, 50% хронических респираторных заболеваний в мировом масштабе связано с загрязнением воздуха. В США около 80% городских жителей испытывают воздействие загрязнения, способного нанести вред их здоровью. В России 58% городского населения испытывают воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха. В девяти регионах (Астраханская, Новосибирская, Омская, Оренбургская, Самарская области, Камчатский и Хабаровский края, Чувашская Республика и Таймырский АО Красноярского края) – более 75% городского населения подвержены такому воздействию, а в Санкт-Петербурге и Москве – 100%. В 2010 г. в список городов страны с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха вошли 36 городов, где проживает 23,4 млн человек [Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 г.»].

Загрязнение воздуха традиционными загрязнителями, такими как твердые частицы, SO_2 , NO_2 и O_3 , может нанести существенный вред здоровью. Каждый из этих загрязнителей способен вызвать у людей различные проблемы. Например, содержание канцерогенов в воздухе может привести к раку легких, твердых частиц – к росту числа заболеваний дыхательных путей и случаев госпитализации по поводу кардиологических болезней. Так, в 11 крупнейших городах Китая дым и мелкие частицы, образующиеся при горении угля, ежегодно становятся причиной более 50 тыс. случаев преждевременной смерти и 400 тыс. новых случаев хронического бронхита.

Население развивающихся стран подвержено большому воздействию загрязняющих веществ (окиси азота, серы и соединений мышьяка) в воздухе внутри помещений в силу того, что на открытом огне в больших количествах сжигается биомасса, уголь или дрова. Исследование, проводившееся в Индии и Непале, показало, что сердечно-сосудистые заболевания более распространены среди женщин, которые в значительной степени подвергаются воздействию загрязненного воздуха помещений [Kumar Das, Sanyal, Basu, 2005].

Некоторые первичные загрязняющие вещества могут образовывать еще более вредные вторичные загрязнители. Так, при реакции углеводов с оксидами азота и кислородом под воздействием солнца образуются озон и другие фотохимические окислители. Высокое содержание озона считается причиной раздражения дыхательных путей и на-



рушения нормальной работы легких, вызывает кашель, одышку и боли в груди. Оценка, проведенная на примере Мехико, показала, что снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха на 10% приводит к уменьшению числа преждевременных смертей на 1–2 тыс. ежегодно. Ожидается, что это приведет к уменьшению на 10 000 случаев заболеваний бронхитом в год и существенно снизит риск заболевания онкологическими болезнями [Molina, 2002].

Ответом со стороны науки и технологий может стать разработка конкурентоспособного мониторинга состояния атмосферы, в том числе инструментального контроля выбросов, развитие экотехнологий, а также внедрение новой системы нормирования допустимого воздействия на окружающую среду. Будут также внедряться высокоэффективные технологии разделения и очистки газовых смесей и жидкостей, в том числе для очистки дымовых газов, разделения и очистки продуктов переработки топлив.

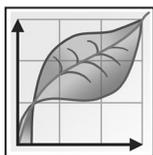
К странам, лидирующим в области разработок технологий мониторинга состояния атмосферного воздуха и оценки воздействия его загрязнения на состояние здоровья населения, следует отнести США, Канаду, Китай и страны ЕС. В США, Канаде и Великобритании разработаны системы, покрывающие всю территорию стран и передающие информацию о качестве воздуха широкому кругу пользователей интернет-ресурсов. Проблемы качества атмосферного воздуха в ЕС исследуются также при реализации межрегиональных проектов, таких как EuroHealthNet, Environment and Health Information System (ENHIS). Активное исследование воздействия загрязненного воздуха на здоровье населения в настоящее время проводится в Китае [Zhang, Li, Krafft, et al., 2011].

В Российской Федерации, несмотря на значительный опыт накопленных теоретических и экспериментальных исследований, отсутствует единое методическое руководство по экологической эпидемиологии, регламентирующее дозы воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и клинические последствия. Развитие нормативной базы сдерживается несовершенством системы мониторинга содержания примесей в атмосфере. Внедрение экологически безопасных технологий, направленных на сокращение выбросов в атмосферу, должно быть закреплено на законодательном уровне.

Аналогичная проблема связана с загрязнением водоемов и водотоков: 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. Распространение заболеваний в мире из-за недостаточной очистки воды может стать причиной гибели более 1 млн человек в 2030 г. и 1,7 млн человек в 2050 г. [Meeting Global Challenges through deter governance, 2012]. Основные болезни, передающиеся через грязную воду, – холера, брюшной тиф, паратифы А и Б, дизентерия, различные энтериты и колиэнтериты, инфекционный гепатит и др. В России в 2011 г. около 37% поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения не соответствовало санитарным нормам и правилам, в связи с чем стали весьма востребованными технологии, способствующие повышению эффективности централизованной и децентрализованной водоочистки для населения, а также водоподготовки для промышленных нужд, очистки промышленных и муниципальных стоков.

■ Усиление миграционных процессов, вызванное экологическими и климатическими факторами

Растущая нестабильность климата, в том числе увеличение частоты и интенсивности экстремальных гидрометеорологических процессов, активизация опустынивания земель в засушливых регионах ведут к сокращению сельскохозяйственного производства, росту безработицы, ухудшению здоровья населения и в конечном счете приводят к миграциям людей. По разным прогнозам, от нескольких миллионов до миллиарда человек могут покинуть свои дома из-за климатических изменений к 2050 г. [Myers,



2002]. Международная организация по миграции придерживается прогноза о числе климатических беженцев к этому времени порядка 150–200 млн человек [<http://www.iom.int/cms/climateandmigration>]. По подсчетам Внутреннего центра мониторинга перемещения людей из-за природных катастроф, большей частью связанных с климатическими причинами (наводнения, ураганы), только в 2011 г. мигрировало около 15 млн человек.

Потенциально большое число климатических беженцев проживает в странах Азии (в Китае, Индии, Бангладеш, Пакистане), Африки (в Египте, Нигерии, Сомали, странах Северной Африки), Латинской Америки (Бразилии, Венесуэле, Уругвае, Гватемале, Мексике), малых островных государствах. По мнению экспертов, особенно много беженцев будет в засушливых маловодных регионах, где из-за роста населения и дефицита воды может наступить «водный голод», исключающий возможность проживания и хозяйственной деятельности людей. Так, миллионы крестьян в северо-западном Китае будут вынуждены покинуть свои дома из-за нехватки воды. Процессы опустынивания земель в странах Сахеля могут уже к 2020 г. вынудить мигрировать в Северную Африку и страны Европы около 60 млн человек.

К климатическим беженцам относятся мигранты, вынужденные покинуть свои места проживания из-за последствий изменений климата – подъема уровня океана, экстремальных климатических событий и засух, а также из-за нехватки воды [Global Governance Project, 2012]. За исключением экстремальных ситуаций (например, засухи в Сахеле или урагана Катрина в США), миграции населения обычно обусловлены комплексом причин. Методики вычленения непосредственно экологической/климатической составляющей среди других факторов, вызывающих миграции, пока не разработаны.

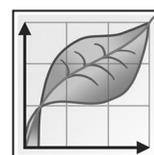
Предполагают, что большая часть климатических и экологических беженцев все же останется в своих странах и оседет в городах, но потенциально мигранты могут перемещаться и в другие государства. Климатические/экологические мигранты должны рассматриваться странами, куда они переселяются, как постоянные жители (в отличие от политических беженцев, которые могут вернуться на свою родину). Все это может увеличить риски силовых конфликтов как внутри стран, так и обострить пограничные социальные, этнические и политические противоречия. Проблема усугубляется еще и тем, что по уровню благосостояния жители засушливых территорий, почти 90% которых проживают в развивающихся странах, существенно отстают от населения других регионов мира.

С увеличением доходов населения доля экологических мигрантов, видимо, будет расти, так как такие переселенцы целенаправленно ищут более комфортный климат, менее загрязненную территорию и т.д. По данным опроса Фонда Гэллоп, проведенного в 150 странах, каждый десятый респондент готов к переселению под влиянием экологических факторов [Gallup World Poll: the Many Faces of Global Migration, 2011].

Проблема экологических и климатических мигрантов актуальна для Российской Федерации и ряда стран СНГ, прежде всего республик Центральной Азии и Закавказья. Но в целом в странах СНГ, несмотря на значительные объемы миграции на территорию России, экологическая составляющая миграционного потока на фоне других проблем остается относительно незначительной [Глазовский, Кудинова, Одинокова и др., 2000].

Общая предсказуемость последствий климатических изменений создает условия для подготовки и планирования мер по регулированию растущего потока беженцев. Миграция населения рассматривается как одна из стратегий адаптации к климатическим изменениям. Именно поэтому на конференциях стран – участниц Конвенции ООН по климатическим изменениям в Канкуне (2010) и Дохе (2012) обсуждались существующие и потенциальные вызовы в сфере науки, политики и возможные на них ответы.

Еще одна группа ответов связана с развитием систем раннего предупреждения об экстремальных природных процессах и разработкой систем зонирования территорий по степени потенциального риска для населения. Кроме того, формируются меры по



береговой защите, борьбе с засухами и др. [21 Issues for the 21st Century, 2012]. Усилия правительств многих стран направлены на разработку долгосрочных стратегий развития территорий, городского и сельского планирования. Проблема климатических мигрантов требует сложных межсекторальных решений, в том числе связанных с технологиями оказания чрезвычайной помощи, гуманитарной поддержки, вопросами безопасности и пр.

2.3. Научно-технологические тренды

■ Распространение в окружающей среде новых загрязняющих веществ (включая микро- и наночастицы)

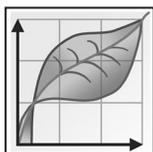
Воздействие новых химических веществ на окружающую среду и организм человека изучены недостаточно. По данным ОЭСР, из более чем 1500 наиболее широко используемых химических веществ исследования по их воздействию проведены только для незначительной части, а для 10% веществ подобных исследований вообще не проводилось. Новые вещества мельчайшего размера, включая наночастицы (размерами от 1 до 100 нанометров), обладают большей площадью распространения, поэтому важны сбор данных, анализ их поведения в природных средах (воде, воздухе и почве) и расчеты области загрязнения.

Наночастицы в окружающей среде подвергаются трансформации, деградации, биоаккумуляции. Последнее может оказывать специфическое воздействие на организм человека. Частицы размером менее 5 микрон (например, сажа) не фильтруются дыхательными путями и могут проникать в легкие. Они также проникают внутрь живых клеток организмов, вызывая их гибель. Так, по оценкам ОЭСР, ежегодная преждевременная смертность от заболеваний людей из-за загрязнения воздуха твердыми частицами будет постоянно расти: от 1,5 млн человек в 2010 г. к 2,3 млн человек в 2030 г. и 3,6 млн в 2050 г. [Meeting Global Challenges through Better Governance, 2012].

Определенный ущерб в результате химических воздействий может наноситься сельскому хозяйству. Экономический ущерб необходимо также оценивать для лесохозяйственных комплексов, принимающих и аккумулирующих на себе значительную часть выбросов промышленных предприятий.

При мельчайших размерах вещества приобретают новые свойства, механизм воздействия которых пока мало изучен. Большинство синтезируемых человеком веществ являются стойкими, следовательно, отсутствуют механизмы их естественного разложения в окружающей среде. Кроме того, в результате воздействия местных факторов свойства загрязняющих веществ могут трансформироваться и приводить к увеличению их токсичности. Европейская экономическая комиссия рекомендует применять к нанотехнологиям «принцип предосторожности», подразумевающий оценку возможного риска при отсутствии достоверных и исчерпывающих научных знаний. Появилась и развивается новая область исследований – наноэкотоксикология. Возрастающее понимание значимости нанотоксикологии в России отражает проведение в 2010 г. семинара «Нанотоксикология и стандарт безопасности», где был дан зеленый свет разработкам стандартов изучения безопасности наноматериалов.

Основные направления исследований в данной области связаны с разработкой нормативной базы по содержанию различных веществ, определению их токсичности по отношению к различным природным компонентам и установлением механизмов разложения и ассимиляции мельчайших веществ в окружающей среде и организме человека. В силу длительности исследований по определению нормативов ПДК для различных сред устанавливаются временные допустимые концентрации, получаемые расчетным путем и имеющие срок действия 2–3 года.



Еще один блок исследований включает в себя разработку методической базы качественной и количественной оценки содержания новых веществ в окружающей среде. Результатами исследований должны стать методические и инструментальные разработки, позволяющие определять наличие исследуемого вещества в окружающей среде с высокой точностью, поскольку их фоновый (природный) уровень равен нулю. Перспективны технологии по улавливанию загрязняющих веществ в сбросах и выбросах, установлению барьеров, позволяющих предотвратить попадание микро- и наночастиц в окружающую среду. В момент выброса степень улавливания загрязняющих веществ напрямую зависит от размеров частиц выброса. Чем частицы меньше, тем технологически сложнее осуществить очистку фильтрами. Современные технологические тенденции направлены на разработку микропористых соединений, способных улавливать частицы размерами меньше нескольких микрон.

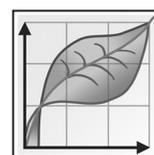
Обладая мельчайшими размерами, микро- и наночастицы способны переноситься на большие расстояния, что затрудняет их мониторинг. Проведение мониторинговых исследований потребует увеличения чувствительности приборно-аналитической базы и радикального технологического обновления.

Наряду с отмеченным широким спектром направлений исследования, следует признать малоизученность воздействий мельчайших частиц на человека и окружающую среду как в России, так и за рубежом. В 2008 г. страны ЕС начали разработки в области создания специальной базы данных NHECD, которая должна содержать сведения о воздействии наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду [NanoECO. Nanoparticles in the Environment, 2008]. Наибольших успехов в этом направлении достигли ученые из Швеции, Швейцарии и США, где традиционно вопросы развития экологических технологий являются приоритетными. В России исследования в области нанотоксикологии проводятся в ряде исследовательских центров и университетов. РОСНАНО приняло решение о создании в Дубне Центра доклинических исследований специально для тестирования материалов, содержащих наночастицы, на безопасность. При Томском политехническом университете создан Центр биотестирования безопасности наноматериалов и нанотехнологий («Биотест-Нано»). «ГосНИИгенетика» занимается разработкой специальных биосенсоров для выяснения механизмов токсического воздействия наночастиц.

■ Рост спроса на прогнозирование и моделирование опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов

Увеличение повторяемости и интенсивности опасных явлений связано как с естественными причинами, в первую очередь с изменением климата, так и с освоением новых территорий и усилением антропогенной нагрузки на природные системы. В России количество опасных гидрометеорологических явлений с начала 2000-х гг. возросло с 150–200 до 400–500 случаев в год [Доклад Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год, 2012]. В такой ситуации наблюдается рост спроса на гидрометеорологические прогнозы, происходит усиление влияния природных процессов на принятие управленческих решений. Внедрение передовых методов прогноза гидрометеорологических процессов в практическую деятельность повышает надежность управления, уменьшает риски, открывает новые возможности для дальнейшего развития.

Растущий экономический эффект от использования гидрометеорологической информации свидетельствует, с одной стороны, об улучшении качества гидрометеорологических прогнозов, с другой – о заинтересованности потребителя и развитии технологий учета гидрометеорологической информации. Этот процесс находит отражение в количестве договоров об оказании специализированных метеорологических услуг, заключенных Росгидрометом: если в 2005 г. Росгидромет заключал всего 5,5 тыс. договоров в год, то в 2010 г. – 41,5 тыс. [Обзор деятельности Росгидромета, 2011].



Повышение спроса на прогноз состояния окружающей среды невозможно без развития системы первичного мониторинга и сбора данных. Прорыв в системе эффективного мониторинга состояния окружающей среды могут обеспечить, во-первых, спутниковые технологии, увеличение количества и повышение качества получения спутниковых данных в технологиях прогнозирования экстремальных и опасных гидрометеорологических процессов; во-вторых, создание и внедрение высокочувствительных автоматических систем мониторинга и контроля, в том числе и за загрязняющими токсичными веществами; в-третьих, технологии передачи, обработки и использования информации о состоянии окружающей среды, ее изменений с использованием различных средств получения необходимой информации: автоматических, метеорологических и океанологических станций и систем зондирования (в том числе и локаторов), специальных аналитических систем и др.

Рост спроса на прогнозирование и моделирование опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов наиболее характерен в первую очередь для энергетики, сельского хозяйства, транспорта, строительства, коммунального хозяйства. Так, в сфере энергетики в ближайшие 20 лет будут развиваться технологии учета ожидаемых температур воздуха для расчета требуемых мощностей, в строительстве – учета возможных нагрузок, а также прогнозов климата для сооружения объектов в условиях вечной мерзлоты и др. В ближайшие годы с опорой на гидрологические прогнозы и модели будут совершенствоваться технологии эффективного сброса талых вод и отведения атмосферных осадков, а также предотвращения и тушения пожаров. Оперативный учет гидрометеорологической информации подразумевает развитие технологий своевременного оповещения населения и компетентных органов и служб.

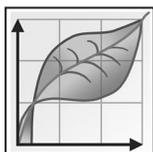
Россия обладает высоким потенциалом в сфере прогноза погоды, в том числе опасных и экстремальных гидрометеорологических явлений и климата. В институтах РАН, Росгидромета и университетах ведутся исследования мирового уровня.

■ Создание эффективных технологий дистанционных оценок состояния экосистем

Современные технологии, разрабатываемые для оценок состояния экосистем, направлены на интеграцию специализированных пакетов обработки данных дистанционного зондирования с ГИС, что позволяет получать информацию о техногенных или природных объектах и строить на этой основе непрерывные числовые поля (например, поля теплового загрязнения среды), тематические карты, а также карты состояния экосистем. Сочетание возможностей объектного дешифрирования с числовыми полями и тематическим картографированием дает возможность решать на принципиально новом уровне задачи мониторинга территориальных и аквальных (в том числе морских) экосистем – от несанкционированных рубок леса и разливов нефти до движения и состояния морских льдов.

Использование технологий ДДЗ продекларировано практически всеми заинтересованными ведомствами РФ: Росреестром, Минэкономразвития, Федеральным агентством лесного хозяйства и Минприроды России. Оценка значимости в параметрах «затраты/выгоды», проведенная специалистами Инженерно-технологического центра «СканЭкс» относительно задач Министерства природных ресурсов и экологии России (сокращение ущерба от нарушений природопользования, мониторинг лесных экосистем, наводнений и т.д.), дает ориентировочную величину в 12 млрд руб. ежегодно [http://scanex.ru/ru/classificator/pdf/pril_6.pdf] при условии предварительного технического перевооружения (модернизация приемных станций). Описываемые технологии делают возможным и необходимым внедрение автономных автоматизированных средств контроля неблагоприятных изменений природных и природно-техногенных систем.

Технологии дистанционных оценок состояния экосистем не образуют самостоятельного рынка и могут быть учтены только в рамках общего рынка геоинформационных си-



стем. Пространственные данные, связанные с описываемыми технологиями, создаются, трансформируются и распространяются как государственными агентствами, так и коммерческими частными и некоммерческими общественными организациями [Монделло, Хепнер, Вильямсон, 2004]. Отчетливая тенденция последних лет – перенос акцента услуг, предоставляемых крупнейшими коммерческими организациями (ИТЦ «СканЭкс», Совзонд), с распространения и первичной обработки данных (фотограмметрия, орто-трансформирование) на «глубокую» обработку с параллельным распространением специального софта либо даже созданием своей собственной линейки программ. Ежегодный прирост рынка ДДЗ составляет от 9 до 14%. Совокупный доход компаний, работающих в этой сфере, давно уже превысил миллиарды долларов (по оценкам, достигнет 19 млрд долл. США к 2019 г. [<http://www.gisa.ru/62385.html>]), но выделить из этой суммы часть, приходящуюся на технологии оценки экосистем, не представляется возможным. По грубым оценкам из разных источников, объем российского рынка составляет порядка 2,5% от общемирового. Очевидно, потенциальная доля России в глобальном обороте ДДЗ существенно больше.

Среди востребованных технических решений – создание веб-сервисов (геопорталов), позволяющих пользователю видеть как «сырые», так и обработанные данные дистанционного зондирования и совершать простейшие операции (собственно «сервисы»).

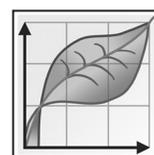
Крупнейшим лидером в описываемой сфере были и остаются США, где спутниковые снимки давно и традиционно используются для экологического мониторинга. США принадлежат два крупнейших поставщика ДДЗ в мире – компании GeoEye и DigitalGlobe. Благодаря постоянному финансированию в рамках контрактов по программе NextView с Национальным агентством пространственной разведки США (NSA) они постоянно обновляют свои спутники и не имеют конкурентов по обеспечению своих клиентов снимками наивысшего качества.

Общемировой тенденцией является партнерство государства с частным сектором с целью создания и эксплуатации спутников. Многие программы по всему миру, например индийский Cartosat, канадский RADARSAT, франко-итальянский COSMO–SkyMed/Pleiades, поставляют данные для государственных и коммерческих заказчиков, а также способствуют развитию конкуренции. В России лидером рынка является Инженерно-технологический центр «СканЭкс», подписавший лицензионные соглашения с ведущими мировыми операторами программ ДДЗ на прямой прием данных с искусственных спутников Земли серий IRS, SPOT, EROS, RADARSAT, ENVISAT на наземные станции УниСкан™ собственного производства. Это впервые дало возможность регулярного обзора территории России и стран СНГ в реальном времени с пространственным разрешением от сотен до единиц метров и лучше.

■ Создание технологий супервычислений и информационной инфраструктуры для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем

Мировым сообществом давно признано, что мощность вычислительной техники является одним из основных ограничений на точность прогноза погоды и достоверность оценок будущих изменений климата. В связи с этим в ведущих институтах гидрометеорологической направленности и службах погоды происходит регулярная модернизация вычислительных комплексов. Представители науки о климате являются одними из основных пользователей наиболее мощных суперкомпьютерных комплексов (например, K-компьютер или Earth Simulator в Японии).

Основным направлением повышения производительности суперкомпьютеров является увеличение степени параллелизма обработки данных, то есть одновременной обработки множества потоков данных. Помимо собственно производительности суперкомпьютера в последние годы возрастают требования и к энергоэффективности больших вычислительных систем.



В настоящее время предлагается большое разнообразие технических решений для увеличения производительности и энергоэффективности суперкомпьютеров. В части процессорной архитектуры, наряду с «традиционными» процессорами, развиваются графические ускорители, позволяющие в десятки раз увеличить пиковые показатели скорости обработки данных. Разрабатываются новые коммуникационные технологии для ускорения обмена данными между вычислительными узлами суперкомпьютеров. Появляются новые технологии параллельного программирования как для новых процессорных архитектур, так и для традиционных, упрощающие разработку параллельных приложений. В перспективе ближайшего десятилетия ожидается появление первого экзафлопсного суперкомпьютера (то есть с пиковой производительностью более 1018 операций с плавающей запятой в секунду).

Рынок высокопроизводительных вычислительных систем в России относительно невелик (годовой объем рынка 100 млн долл. при мировом объеме 6 млрд долл.). Причем в России по-прежнему подавляющее количество суперкомпьютеров установлено в университетах и научно-исследовательских организациях, хотя в мире доля установок суперкомпьютеров в коммерческих организациях (предприятиях высокотехнологической сферы, банках) уже составляет больше половины.

По данным на середину 2011 г., большую часть мирового рынка суперкомпьютеров занимают американские поставщики (IBM – 47%, HP – 12%, CRAY – 11%). Доля крупнейшего российского производителя – компании «Т-Платформы» – составляет 1%. Россия не обладает собственным производством элементной базы, поэтому нуждается в соответствующих поставках из США и Юго-Восточной Азии.

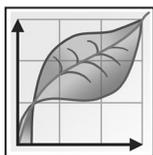
Развитие суперкомпьютерного рынка России происходит недостаточными темпами. Во многом это связано с тем, что основным заказчиком на установку суперкомпьютеров по-прежнему выступает государство. В то же время Россия заметно выделяется на мировом фоне своей широкой образовательной программой в области суперкомпьютерных технологий, в частности в рамках Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Что касается приложения суперкомпьютерных технологий к задачам прогноза погоды и оценки изменений климата, то здесь отставание России от ведущих западных государств более значительное. В России существует только одна параллельная модель земной системы (Института вычислительной математики РАН), масштабируемость которой (до нескольких десятков процессоров) значительно отстает от мировых лидеров. Отстают также (по пространственному разрешению и точности прогнозов) модели прогноза погоды: спектральная модель Гидрометцентра и полулагранжева модель Института вычислительной математики РАН – Гидрометцентра. Основной причиной этому следует считать крайнюю ограниченность коллективов разработчиков – модель развивают не более 2–4 человек, хотя на Западе эта величина на порядок выше. При текущем порядке и объемах финансирования сокращения указанного отрыва в ближайшее время не ожидается.

■ Освоение подземного пространства городов и сельских поселений

Программы освоения подземного пространства реализуются в подавляющем большинстве крупнейших городов (мегаполисов) мира, где к 2050 г. будет сконцентрировано 70% населения земного шара. Это позволяет комплексно решать проблемы развития транспорта, коммунального и жилого хозяйства, занятости населения, улучшения экологической ситуации, энергосбережения и т.д. В России подземное строительство, несмотря на богатые традиции строительства метрополитена, только начинает развиваться на основе западных технологий и оборудования.

Известно, что капитальные затраты на подземное строительство на 15–30% больше, чем на поверхностное, однако эксплуатационные расходы значительно меньше. Подземные сооружения имеют высокую сейсмостойкость, стабильный температурно-влажностный режим, чистоту помещений, для обеспечения которых на поверхности необходимо увеличение на 25–40% объема строительно-монтажных работ. Освоение подземного



пространства наиболее актуально для крупнейших городов (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург и др.). В меньшей степени подземное пространство используется в аграрном секторе. Существуют примеры подземного разведения форели, выращивания грибов и овощей, хранения зерна и др. Основные преимущества освоения подземного пространства для сельскохозяйственного производства – независимость от сезонных ритмов (актуально для северных регионов), возможность контроля окружающей среды и защиты от вредителей.

Развитие тоннелестроения и освоение подземного городского пространства превратились в ряде стран Европы, Северной Америки, Юго-Восточной Азии в бурно развивающуюся индустрию на основе новых, в том числе высоких, технологий. Разрабатывается новое оборудование и специальные материалы, используемые для создания многофункциональных подземных объектов. Строительство крупных подземных сооружений и их комплексов обычно осуществляется по принципу государственно-частного партнерства. В мировой практике нередко реализуются модели частного финансирования на коммерческой основе (строительство и эксплуатация 50-километрового тоннеля под проливом Ла-Манш, ежегодная прибыль компании «Евротоннель» составляет свыше 500 млн долл. США).

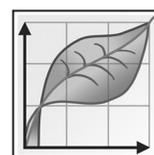
Страны-лидеры в области комплексного градостроительного использования подземного пространства – Япония и Канада. По суммарным площадям подземных сетей лидирует Япония (76 подземных торговых улиц и около 1 млн кв. м площадей). В Монреале создан «подземный город» RÉSO (La Ville Souterraine) – крупнейшая подземная городская сеть в мире, объединяющая 80% офисов и 35% коммерческих объектов в центре города, которыми ежедневно пользуются 500 тыс. человек. Значительно градостроительное освоение подземного пространства в странах Скандинавии, чему способствует наличие скальных горных пород. Однако системного планирования такого освоения на уровне Генеральных планов городов, как правило, не происходит (за исключением Хельсинки).

Крупнейшие игроки в области подземного строительства входят в Международную тоннельную ассоциацию, объединяющую свыше 300 компаний. Тоннельная ассоциация России специализируется на проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений в 28 городах России и городах Белоруссии, Украины, Азербайджана, Казахстана при участии ведущих фирм Франции, Германии и Канады. Но в целом в России подземные ресурсы городов используются недостаточно. Анализ зарубежного опыта освоения подземного пространства мегаполисов показывает, что оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания достигаются при доле подземных сооружений, равной 20–25% от общей площади вводимых объектов (в Москве – 8%).

■ Распространение материалов с новыми свойствами и технологий зеленого строительства

Зеленое строительство предусматривает сокращение ресурсопотребления (прежде всего энергетических, водных ресурсов и др.) на протяжении всего жизненного цикла здания и сооружения (от выбора участка, проектирования, строительства, эксплуатации до сноса и утилизации). Это достигается за счет создания и использования при строительстве новых промышленных продуктов и материалов, в том числе энергосберегающих, а также уменьшения количества отходов, выбросов и других воздействий на окружающую среду. На начальных этапах такой подход ведет к удорожанию стоимости строительства. Вместе с тем вложения в безопасность зданий будут способствовать увеличению продолжительности жизни человека, в том числе активного периода трудоспособности, уменьшению затрат на здравоохранение, росту производительности труда и т.д.

Реализация тренда приведет к росту спроса на разработки и производство новых материалов, включая сверхлегкие пеноматериалы, волокнистые теплозащитные и теплоизо-



ляционные материалы, возрастет использование сертифицированной древесины. Кроме того, будут необходимы новые технологии и программно-аппаратные средства дистанционного управления бытовыми приборами и внутридомовыми системами с использованием мобильной связи и информационных сетей в целях энергосбережения и безопасности. Получат развитие перспективные инженерные системы для энергоэффективных зданий.

Строительство зданий на основе зеленых стандартов получило распространение в мире относительно недавно. В 1990 г. в Великобритании началось внедрение стандарта BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), в 1998 г. в США – рейтинговой системы LEED (Leadership in Energy & Environmental Design). Рост рынка «зеленых» строительных материалов в мире прогнозируется на уровне 5% ежегодно. Большинство крупнейших мировых строительных компаний планирует в ближайшие годы заключать на зеленые здания не менее половины всех своих контрактов. В странах Запада, где энергоресурсы и вода стоят гораздо дороже, чем в России, девелоперы при этом получают значительную экономию.

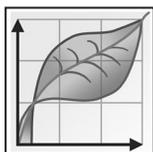
В России зеленые технологии только начинают выходить на рынок. Материалы, используемые в зеленом строительстве, пока не производятся, кроме того, не разработаны внутрироссийские стандарты их производства. Российское правительство поставило стратегической целью уменьшения энергопотребления на 40% к 2020 году. Исследования в области энергоэффективности показали, что только за счет использования новых энергосберегающих материалов возможна экономия до 25% энергопотребления. В Федеральном законе от 24 июля 2008 г. № 161 «О содействии развитию жилищного строительства» говорится о необходимости развития энергоэффективных экологически чистых технологий и материалов для использования в жилищном строительстве. В России высокая стоимость технологий зеленого строительства делает их пока недоступными для массового потребителя, поэтому они используются при строительстве офисных зданий и элитного жилья преимущественно иностранными девелоперами. В российских проектах основные достижения связаны с экономией ресурсов (энергии и воды) и, в меньшей степени, с архитектурными решениями, экологическими материалами, переработкой отходов и ландшафтным дизайном.

■ Развитие экологически чистого транспорта

Доля экологически чистого транспорта⁹ в автопарке стран мира пока еще ничтожно мала – менее 0,09%, однако в ведущих экономиках мира (Китай, США, ЕС, Япония) действуют масштабные инвестиционные программы развития электротранспорта на период до 2020 г. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (2010), к 2050 г. использование альтернативных видов топлива в транспортном секторе по сравнению с уровнем 2010 г. возрастет от 4 (биотопливо) до 6–7 раз (электричество, водород, природный газ). Причины подобного увеличения – необходимость сокращения локального (преимущественно городского) загрязнения атмосферного воздуха и выбросов парниковых газов (особенно оксида углерода), рост цен на нефть и сокращение ее запасов, а также развитие технологий и снижение себестоимости использования альтернативных видов топлива. В 2010 г. выбросы CO₂ в транспортном секторе составили 23% глобальных выбросов парниковых газов, а на автомобильный транспорт приходилось около 41% от общей эмиссии в транспортном секторе [Global Transport Scenarios 2050, 2011].

Важными препятствиями к широкому внедрению электромобилей остается их высокая цена по сравнению с обычными автомобилями с двигателем внутреннего сгорания. Она создается за счет высокой стоимости ионно-литиевых батарей. Необходимы

⁹ Под экологически чистым автомобильным транспортом понимаются автомобили, работающие на чистом электричестве, оборудованные гибридными двигателями (батарея или электродвигатель), автомобили с двигателем внутреннего сгорания, работающие на биодизеле или топливе с его добавлением, биоэтаноле или топливе с его добавлением, натуральном природном газе, пропане (попутный нефтяной газ), водородных топливных элементах.



также затраты на создание инфраструктуры для зарядки батарей и обслуживания электромобилей и др. В ближайшие 10–20 лет при сокращении стоимости батареи и роста цен на бензин совокупная стоимость машины при покупке и расходы на ее эксплуатацию за один и тот же период будут меньше у автомобиля, работающего на чистом электричестве (разница составит от 1155 до 7181 долл.). В пользу гибридных автомобилей это сравнение будет только в случае очень высоких цен на бензин и низкой стоимости батарей.

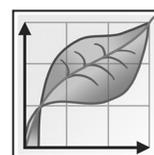
В России автотранспорт обеспечивает почти 60% объема всех пассажирских перевозок и около 55% перевозок грузов. В среднем по стране на него приходится около 40% суммарных выбросов загрязняющих веществ и более 80% в крупных городах и мегаполисах. В проекте Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, 2013] в качестве одной из целей обозначено уменьшение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду. Но и в консервативном (энергосырьевом), и инновационном сценариях Транспортной стратегии не предусмотрено повышенного внимания и инвестиций в развитие экологически чистого автомобильного транспорта, работающего на альтернативных источниках энергии.

«Нулевой» объем выбросов дают электромобили и гибридные автомобили, работающие по замкнутому типу. У последних – ненулевой выброс, поступающий через испарение из топливной системы. У гибридных автомобилей, работающих по принципу двигателей внутреннего сгорания, объемы выбросов из выхлопной трубы меньше, чем у обычных автомобилей. При подсчете через методику жизненного цикла учитывается воздействие на окружающую среду, поступающее в течение всего производства, включая добычу полезных ископаемых, их переработку, производство, систему перераспределения и использования. В результате оказалось, что производство электромобилей гибридных и работающих на чистом электричестве провоцирует больше выбросов углекислого газа, чем производство обычных автомобилей, но у них меньше углеродный след в течение всего жизненного цикла. Более высокие показатели выбросов при производстве создаются за счет необходимости производства батареи: на него приходится 43% всех суммарных выбросов [Ricardo study finds electric and hybrid cars..., 2011].

Мировой объем рынка электромобилей (2012) насчитывал более 70 тыс. шт. (в том числе 46 тыс. Nissan Leaf, 18 тыс. Mitsubishi i-MiEV и 6,5 тыс. автомобилей Peugeot iOn и Citroën C-Zero). Мировой объем рынка гибридных автомобилей (2012) больше на два порядка. К концу 2012 г. в мире было продано более 7 млн, в том числе 5,8 млн, выпущенных компанией Toyota, 1 млн автомобилей под маркой Honda и около 200 тыс. автомобилей марки Ford [Voelcker, 2012].

Рынок производства экологически чистого транспорта стремительно развивается в ведущих странах мира. В США в 2009 г. только на развитие исследований по внедрению технологий электротранспорта было потрачено 2,4 млрд долл. Китай предполагает за период 2011–2016 гг. вложить в развитие индустрии электротранспорта внутри страны 15 млрд долл. Программа ЕС по исследованиям и созданию демонстрационных образцов в 2011 г. была рассчитана на 350 млн долл. Именно на эти регионы приходится больше всего электромобилей.

Российский рынок экологически чистого транспорта пока еще только формируется. Основными потребителями электромобилей выступают корпорации, ориентирующиеся на инновационность этого вида транспорта, в частности энергокомпании, закупающие их для тестирования системы smart-grid (МОЭК и ЕЭСК) [Электромобили в России: прорыв-2012, 2012]. Из электромобилей представлен Mitsubishi i-MiEV. С момента появления в России первого гибридного автомобиля (внедорожник Lexus RX 400h) в 2005 г. в РФ продано свыше 11 000 гибридных автомобилей Toyota и Lexus. Компанией «Ё-Авто» в 2010–2014 гг. были предприняты попытки по разработке серийного отечественного гибридного автомобиля. Однако в апреле 2014 г. проект был закрыт и все разработки переданы в НАМИ. Автором отечественных разработок в области инфраструктуры для



электромобилей является компания «Революта», имеющая собственные, не имеющие аналогов в мировой практике зарядные станции Revolta.

■ Развитие технологий экологически безопасной утилизации всех видов отходов и обезвреживания токсикантов

Эффективное и экологически обоснованное управление отходами является одной из ключевых концепций решения глобальных экологических проблем (нехватки ресурсов, загрязнения окружающей среды, изменения климата и т.д.). Ежегодное увеличение накопления отходов и низкий процент переработки (в странах ЕС данный показатель составляет около 10% от общего количества отходов [Environmental statistics and accounts in Europe, 2010]) обуславливает рост влияния данного тренда в современном мире. По оценке ЮНЕП, ежегодные экологические издержки из-за образования отходов составляют 0,33% от мирового ВВП. По оценке экспертов, к 2050 г. эта цифра может увеличиться до 0,39% [Why environmental externalities matter..., 2010]. Складирование отходов, нарушение правил утилизации и обезвреживания токсикантов являются серьезными причинами ухудшения здоровья населения, что в конечном счете приводит к увеличению экономических издержек.

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г.», в России наметилась тенденция увеличения количества образования отходов за год (около 10% в год, в основном за счет образования отходов при добыче полезных ископаемых) при увеличении интенсивности вторичного использования отходов и их обезвреживания. Стимулирование процессов сокращения и вторичного использования отходов, разработка и внедрение новых эффективных технологий экологически безопасной утилизации и обезвреживания отходов являются одними из приоритетных направлений долгосрочного социально-экономического развития страны.

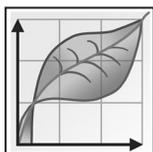
В 2013 г. разработана федеральная целевая программа «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 гг. Ее цель – сократить объем накопленных отходов, ликвидировать объекты прошлого экологического ущерба, а также рекультивировать и вовлечь в хозяйственный оборот десятки тысяч гектаров загрязненных территорий. В Программу включено больше 100 региональных проектов, в том числе создание экспериментальных площадок по внедрению инноваций на действующих предприятиях. В течение 7 лет показатель использованных и обезвреженных отходов производства и потребления в России должен быть увеличен с 11 до 80%.

Приоритетная роль в развитии технологий экологически безопасной утилизации отходов и обезвреживания токсикантов отводится исследованиям в области обезвреживания токсичных веществ в газовых средах, пиролиза и газификации органических отходов техногенного происхождения, экономически эффективных и экологически безопасных технологий рекультивации, санации и восстановления земель.

Основной прирост прогнозируется для рынка переработки отходов с целью их вторичного использования. Наиболее востребованными будут технологии сокращения ресурсоемкости производства, комплексного использования сырья, предотвращения негативного воздействия загрязнителей на окружающую среду. Существенный задел в области развития технологий экологически безопасной утилизации отходов и обезвреживания токсикантов относится к сектору утилизации химического оружия и переработки радиоактивных отходов.

■ Развитие технологий рециклинга и повторного использования сточных вод

Тренд нацелен на разработку систем очистки и доочистки сточных вод, а также проведение исследований, позволяющих определять, в каких отраслях народного хозяйства



возможно использование сточных вод различной степени очистки и технологий рециклинга. Основным загрязнителем вод в мире является промышленность – на ее долю приходится 70–80% всех сточных вод. Известно, что для разбавления 1 куб. м стоков требуется в 8–10 раз больше чистой воды. Развитие тренда позволит уменьшить водопотребление, а также сохранить качество водных ресурсов за счет уменьшения сброса загрязняющих веществ со сточными водами.

В большинстве водообеспеченных регионов России основная задача на ближайшее время – предотвращение сброса в окружающую среду промышленных и коммунально-бытовых загрязненных сточных вод. На многих реках России качество воды соответствует категории V («грязная») и VI (очень грязная») (Верхняя Волга, Ока, Клязьма, Урал, притоки Терека и др.) [Управление водными ресурсами России, 2008].

К традиционно используемым в водоочистке технологиям (коагуляция, сорбция, флотация) могут быть добавлены мембранные процессы, основанные на применении наноматериалов. Внедрение нанотехнологий в процессы водоочистки и водоподготовки позволит существенно улучшить качество воды и снизить уровень заболеваний, вызванных загрязнением ее источников и водопроводных сетей [Пояснительная записка к дорожной карте «Использование нанотехнологий в сфере очистки питьевой воды для населения»]. Применение мембранных нанотехнологий перспективно в водоподготовке для атомной и тепловой энергетики, в радиотехнической промышленности и микроэлектронике, химической и пищевой промышленности, в агропромышленном комплексе, а также в коммунально-бытовом секторе.

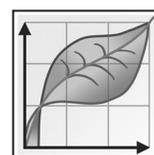
Побочной проблемой в проведении очистки сточных вод является разработка методов очистки фильтрующих элементов, которые после использования необходимо очищать, утилизировать и т.д. Продолжаются научные дебаты по вопросам технологий обеззараживания воды. Исследования показали, что обеззараживание с помощью хлорсодержащих соединений приводит к образованию токсических соединений, с чем и связаны предложения ряда ученых по переходу на обеззараживание с помощью ультрафиолетового излучения [Смирнов, Бивалькевич, Стрелков и др., 2012], однако у обоих направлений есть существенные достоинства и недостатки, требующие дальнейших научных исследований.

Одним из лидеров в области рециклинга считается Израиль, где доля использования сточных вод достигает 100%, то есть на территории страны не осуществляется сброс сточных вод в водоемы. Кроме того, все потребности в орошении в пустынной зоне Израиля покрываются за счет очищенных сточных вод. Большой скачок в этой области сделали страны ЕС, в особенности Германия, Франция, Скандинавские страны. Сточные воды имеют различные степени очистки, что определяет их стоимость и возможность дальнейшего использования. Сброс неочищенных сточных вод в водные объекты во многих странах запрещен.

В Российской Федерации рециклинг водных ресурсов преобладает на энергетических производствах, где не происходит изменения химического состава воды, а меняются только физические параметры (температура). Значительных успехов в разработке новых технологических методов очистки воды и их внедрения добились специалисты МГУП «Мосводоканал», ГУП «Санкт-Петербургский водоканал», ООО «Стройинжиниринг СМ». Ученые МИФИ предложили принципиально новую методику гидроволновой технологии очистки воды, позволяющую решать задачи от опреснения и обессоливания воды до удаления из нее загрязнений и жидких радиоактивных отходов.

■ Развитие технологий альтернативной энергетики, в том числе производства биотоплива

Реализация данного тренда ведет к значительному увеличению доли безуглеродных технологий в энергобалансах отдельных стран и мира в целом. В настоящее время доля атомной энергетики и энергетики на возобновляемых источниках энергии составляет в



глобальном энергобалансе 33%, по прогнозам Международного энергетического агентства, к 2020 г. она достигнет 60%.

Развитие возобновляемой энергетики в мире происходит вне зависимости от наличия или отсутствия собственного углеводородного сырья в странах (ежегодно более 50% всех вновь вводимых мощностей электроэнергетики в мире – объекты на возобновляемых источниках энергии). Развитие данной отрасли имеет мультипликативный эффект, вызывая последовательные качественные изменения (прорывы) в смежных отраслях и определяя направления научных исследований (физики, химии, наук о материалах, IT-технологий). Ускоренные темпы внедрения генерации на возобновляемых источниках энергии в немалой степени определяются долгосрочным глобальным трендом повышения себестоимости добычи основных видов ископаемого топлива.

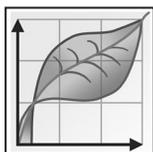
Основными лидерами в мире в структуре альтернативной энергетики на возобновляемых источниках являются: по темпам роста установленной мощности – автономные системы и сетевые станции фотоэлектропреобразования солнечной энергии (в 2008 г. – годовой прирост составил 71%, в 2009-м – 62%, в 2010-м – 60%); по абсолютной величине установленной мощности – ветровые станции (не принимаются во внимание крупные ГЭС) [Renewable Energy Data Book, 2011]. Биоэнергетика, громко заявив о себе в 2000-х гг., в том числе увеличением масштабов производства жидкого биотоплива (биодизель – преимущественно в ЕС, биоэтанол – в странах Южной и Северной Америки), развитием технологий переработки биомассы в энергопродукты, диверсификацией источников биомассы (в том числе микроводорослей и энергетических лесных плантаций, органических твердых бытовых отходов, отходов пищевой, лесной и деревоперерабатывающей промышленности), вышла на достаточно стабильные показатели темпов годового прироста генерирующих мощностей (6–10%) и доли в мировой энергогенерации (1,1%).

Предполагается, что основой развития альтернативной энергетики станут мощные (> 100 МВт) солнечные фотовольтаические и тепловые станции, которые будут дополнены ветровыми генераторами примерно в равных долях к 2040 г. Будут использоваться системы гидроаккумулирования энергии, а также быстро прогрессирующие электрохимические аккумуляторы и суперконденсаторы.

Расширение доли возобновляемых источников энергии в энергобалансах и изменение структуры потребления (рост энергопотребления домохозяйствами по сравнению с бизнесом) вызывает ускоренное развитие интеллектуальных/адаптивных сетей (smart grids), призванных стабилизировать энергообеспечение потребителей путем оптимизации передачи и преобразования электроэнергии (а не регулированием генерирующих мощностей и потребления). Эта особенность современного этапа развития энергетики требует ускоренной разработки и внедрения новых решений из области информационных технологий.

Тренд развития альтернативной энергетики на возобновляемых источниках является долгосрочным и устойчивым. Возможны спады темпов роста в связи с колебаниями цен на ископаемое топливо и из-за этого колебаниями инвестиций в возобновляемую энергетику. В настоящее время во всех сферах возобновляемой энергетики видны наиболее многообещающие (прорывные) направления: повышение КПД преобразования солнечной энергии выше 40% в кремниевых фотопреобразователях, усовершенствование гибридных фотопреобразователей на базе гетероструктурных переходов; создание инновационных ветродвигателей и систем управления; поиск новых природных источников биомассы (культур, штаммов микроорганизмов) и разработка дешевых технологий их выращивания, дешевых методов получения энергоносителей из широкого спектра органических отходов; разработка высокоэффективных тепловых насосов нового поколения с высокой температурой подогрева теплоносителя (выше 90 °С) и др. Успех того или иного направления может изменить картину лидерства внутри возобновляемой энергетики при сохранении основных черт общего тренда.

В результате развития тренда в первую очередь будут развиваться рынки оборудования и услуг (проектирование, монтаж, сервис). Лидирующие в настоящее время рын-



ки ветроэнергетики и солнечных фотопреобразователей, по-видимому, на ближайшую перспективу останутся таковыми. Другим крупным сегментом рынка, вероятно, станут системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на возобновляемых источниках энергии. Из них лишь незначительная доля приходится на солнечные системы, что указывает на наличие практически неограниченной емкости рынка этих систем.

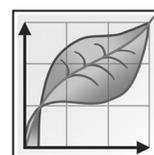
По общей установленной мощности энергогенерации и величине инвестиций в возобновляемую энергетику (в целом) лидируют США и Китай. Далее идут Бразилия, Канада и Япония. В ветроэнергетике в число лидеров (по установленной мощности) входят страны ЕС (Германия, Дания, Португалия, Англия, Испания, Италия и Франция), а также Индия; в солнечной энергетике – страны ЕС, в том числе Бельгия и Греция; в геотермальной энергетике – Мексика, Сальвадор, Исландия, Филиппины, Индонезия. В биоэнергетике выделяются несколько центров внедрения технологий – производства биоэтанола (США, Бразилия, ЕС, Китай, Таиланд), биодизеля – (Франция, Германия, США, Бразилия, Аргентина). Мировыми технологическими центрами и основными экспортерами технологий и оборудования возобновляемой энергетики являются страны ЕС (Дания, Германия, Италия и др.), США и Япония.

Россия, будучи вплоть до 1960-х гг. безусловным мировым лидером в области возобновляемой энергетики, в том числе в области научных исследований, во многом утратила эти позиции, особенно в ветровой энергетике. Серьезный научный задел и практический уровень сохранился в «крупной» гидроэнергетике, геотермальной энергетике, «космической» солнечной энергетике. Основные направления, в которых Россия может конкурировать с зарубежными исследовательскими центрами, – гидроэнергетика, солнечная энергетика (фотогальваника), геотермальная энергетика, биоэнергетика. В России имеется практически весь необходимый промышленный потенциал для развития возобновляемой энергетики за счет собственного производства базовых элементов технологического процесса и соответствующих систем. Оценка потенциала российской промышленности в части производства компонентов для генерации энергии на возобновляемых источниках энергии: солнечные установки и станции – 50%, ветровые станции – 25%, гидроэнергетика – 70%, приливные станции – 70%, геотермальная энергетика – 85%, биоэнергетика – 40% [Понкратьев, 2010].

■ Повышение эффективности использования, охраны, зашиты и воспроизводства лесов

Леса, занимающие 31% территории суши (4 млрд га), формируют важнейший средообразующий компонент глобальной геосистемы. Помимо ресурсного значения (источник древесины, побочных продуктов леса) все большую роль приобретают экосистемные функции лесов: водоохранные, гидроклиматические, противозерозионные, поддержание биологического разнообразия. Они поглощают и аккумулируют углерод в большей степени, чем какой-либо иной тип экосистем. Поэтому леса рассматриваются как важнейший естественный механизм влияния на глобальные изменения климата. Подсчитано, что только в результате обезлесения тропических лесов в 1990-е гг. ежегодно высвобождалось порядка 1–2 млрд т углерода, что по грубым подсчетам составляло 15–25% ежегодной мировой эмиссии парниковых газов [Houghton, 2005].

По заключению Глобальной оценки лесных ресурсов, проведенной ФАО в 2010 г., в мире отмечаются признаки снижения темпов обезлесения, хотя общая ситуация все еще вызывает тревогу. В Бразилии и Индонезии (странах – лидерах по темпам обезлесения в 1990-е гг.) за последние десять лет существенно уменьшилась скорость сведения лесов, а в Австралии, наоборот, она возросла из-за сильных засух и пожаров. Прирост лесных площадей отмечается в Азии и Европе. Особенно масштабные лесонасаждения проводятся в Китае. Таким образом, за счет искусственного облесения и естественного возобновления глобальная ситуация с лесами постепенно выправляется. В целом же, с учетом этих процессов, ежегодные темпы сведения лесов за период 2000–2010 гг. оцениваются



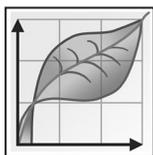
на уровне 5,2 млн га в год, что на 3 млн га меньше, чем в предыдущее десятилетие [Global Forest Resources Assessment, 2010].

Россия, наряду с Бразилией, Канадой, США и Китаем, входит в пятерку наиболее богатых лесами стран мира. Леса занимают в Российской Федерации половину территории страны (882 млн га, 2010), что составляет 20% лесов мира. По прогнозам ФАО и российских специалистов, прирост лесных площадей в нашей стране может составить к 2030 г. от 0,9 до 1,5 % за счет искусственного и естественного лесовозобновления, а также за счет продвижения лесов на север в тундровую зону и на незалесенных землях. Ожидается также прирост запасов древесины от 2,4 до 5 % (по разным сценариям) за счет увеличения лесных площадей, глобального потепления, выпадения азота с осадками и др. факторов. Запасы углерода в российских лесах (без учета почвенной органики) составляют свыше 50 млрд т, и к 2030 г. они увеличатся на 2,0–4,7 %. Производство чистой экосистемной продукции возрастет: ежегодный прирост составит 2–2,3 млн т [The Russian Federation Forest Sector. Outlook Study to 2030, 2012]. Динамика основных индексов оценки лесных ресурсов РФ совпадает по направленности с ожидаемой динамикой лесов Европы и Северной Америки.

В настоящее время в мире развивается многоцелевой подход к пользованию лесными ресурсами. Критерии и индикаторы развития лесного хозяйства разработаны на международных конференциях в Рио-де-Жанейро, Монреале, Хельсинки. Накоплен положительный опыт устойчивого управления лесами (Канада, Япония, Швеция, Финляндия, Германия и др.) Важным инструментом устойчивого управления лесами становится механизм лесной сертификации. Например, система сертификации Лесного попечительского совета (Forest Stewardship Council, FSC) поддерживает экологически ответственное, социально ориентированное и экономически эффективное лесное хозяйство. Прогнозируется, что в России к 2030 г. площади сертифицированных лесов возрастут от 2,4 до 4,2 раза и в соответствии с инновационным сценарием развития отрасли достигнут 100 млн га [The Russian Federation Forest Sector. Outlook Study to 2030, 2012]. Эксперты полагают, что 20-летнее отставание лесной отрасли от мирового уровня позволяет в настоящий момент за счет внедрения прорывных технологий создать в России обновленный и конкурентоспособный сектор экономики.

В «Основах государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» предусмотрены меры по поддержке лесного хозяйства, деревоперерабатывающей промышленности, спроса на лесную продукцию, инвестиций, науки и образования, торговли, а также международного сотрудничества. Таким образом, в России произойдет переход от инерционного сценария развития отрасли к умеренному (до 2020 г.) и затем к инновационному сценарию (до 2030 г.). Умеренный сценарий развития сектора предусматривает достижение баланса между вырубкой леса и лесовосстановлением, предотвращение нежелательных сукцессионных изменений лесов и количественное улучшение состояния лесных ресурсов на основе системы регионального управления лесным хозяйством. В соответствии с инновационным сценарием предполагается территориальная и структурная реорганизация лесного сектора, при которой приоритетными станут вопросы роста занятости, приближения центров производства к потребителям, развитие лесопереработки, организация многоцелевого управления лесами, расширение лесонасаждений (предполагается, что к 2030 г. доля искусственных посадок с целью возобновления лесов возрастет на 50%), а также усиление роли государства и общества в управлении лесами [The Russian Federation Forest Sector. Outlook Study to 2030, 2012]. Таким образом, все сценарии развития отражают тренд постепенной интенсификации сектора и достижения баланса между рубками леса и его возобновлением за счет активизации научно обоснованных мер в области лесоустройства, управления лесами и лесопользования.

К текущим научно-технологическим задачам развития лесного сектора относится развитие технологий для сокращения потерь лесного хозяйства от пожаров, защиты ле-



сов от вредителей и болезней, обеспечения воспроизводства лесов, повышения продуктивности и улучшения породного состава лесов на землях различного целевого назначения, в том числе за счет внедрения достижений селекции и биотехнологий, эффективного управления лесными экосистемами, обеспечивающего сохранение их экологических функций и биологического разнообразия, а также для использования потенциала лесов в борьбе с изменениями климата.

■ Повышение коэффициента извлечения углеводородов на эксплуатируемых месторождениях

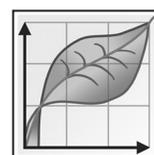
Для нефтедобычи в мире характерна невысокая величина коэффициента извлечения нефти, которая варьирует преимущественно в пределах 25–45% [Обзор современных методов повышения нефтеотдачи пласта, 2010]. Остаточные (неизвлекаемые) при современном уровне технологического развития запасы нефти составляют до 55–75% от первоначальных запасов. Применение существующих и разработка новых технологий увеличения коэффициента извлечения углеводородов может не только существенно повысить эффективность их добычи на эксплуатируемых месторождениях, но и позволит вовлечь в эксплуатацию месторождения с трудноизвлекаемыми запасами, в том числе считающиеся в настоящее время отработанными.

По данным Министерства финансов России, доля нефтегазовых доходов в бюджете в отдельные годы достигала 34–54%. Большую часть этой величины обеспечивала нефтяная отрасль. Доля трудноизвлекаемых запасов нефти постоянно увеличивается, и к настоящему моменту, по данным «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», она составляет от 30 до 65% в различных добывающих компаниях.

По данным British Petroleum, суммарные извлекаемые запасы (proved reserves) нефти в мире на конец 2010 г. составляли 1383,2 млрд барр., природного газа – 187,1 трлн куб. м [BP Statistical review of World energy. June 2011]. По данным того же источника извлекаемые запасы нефти и природного газа на территории РФ составляют 77,4 млрд барр. и 44,8 трлн куб. м соответственно. Исходя из этих статистических данных и средней величины нефтеотдачи на месторождениях РФ в 2010 г. около 31%, можно предположить, что повышение коэффициента извлечения нефти всего на 1% позволит увеличить извлекаемые запасы нефти в РФ почти на 2,5 млрд барр. В то же время стоимость дополнительно добытой за счет методов увеличения нефтеотдачи нефти на 20–40 долл. за баррель больше по сравнению с нефтью, добываемой традиционными методами [Максимов, 2011], поэтому использование этих методов становится экономически оправданным только при достаточно высокой цене на нефть.

Основные усилия в научно-технической деятельности будут сосредоточены на разработке и внедрении безотходных и энергосберегающих технологий увеличения коэффициента извлечения углеводородов. Особенно широкие возможности могут появиться при более активном использовании нанотехнологий [Хавкин, 2009]. Применение тепловых методов позволяет повысить коэффициент извлечения нефти на 15–30%, газовых – на 5–15%, химических – на 25–35%, гидродинамических – на 7–15%, физических – на 9–12% [Сургучев, 1985]. Основной рост можно ожидать на рынке технологий увеличения нефтеотдачи химическими и физическими методами. Несомненно, наряду с рынком технологий будут появляться и расти тесно связанные с ними рынки сервисных услуг в области высокоэффективной эксплуатации месторождений, а также рынки специального технологического оборудования и химических реагентов для реализации технологий увеличения нефтеотдачи.

Мощная научно-исследовательская база советской нефтяной отрасли, в значительной степени унаследованная Россией, позволяет до сих пор по широте спектра и общему количеству технологических разработок в области увеличения нефтеотдачи находиться в группе мировых лидеров, хотя по многим направлениям российские образцы техники и оборудования существенно уступают зарубежным аналогам. Кроме того, степень



внедрения разработанных технологий, методов и приборных комплексов в реальное производство зачастую оставляет желать лучшего. Исторически основным акцент в отечественной нефтедобыче делался на применении гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи, однако в последние годы спектр используемых методов меняется, и в 2008 г., по данным компании ООО «НИК «Петрос» на долю гидродинамических методов повышения нефтеотдачи пришлось лишь 12% дополнительно добытой в РФ нефти, в то время как химические методы дали 30% (по этому показателю РФ занимает первое место в мире), а тепловые – 22%.

Однозначными лидерами в области применения технологий увеличения коэффициента извлечения углеводородов являются США. Только в 2008 г. в США было реализовано 147 проектов увеличения нефтеотдачи и дополнительно получено более 33 млн т нефти. Основное внимание при этом уделяется тепловым и газовым методам. Важной особенностью исследовательской программы США является направленность не только на повышение нефтеотдачи, но и на одновременную утилизацию промышленных выбросов углекислого газа.

Активно реализуются проекты с использованием методов увеличения нефтеотдачи в Канаде, Венесуэле, Индонезии и Китае. Однако если в Канаде основной акцент, как и в США, сделан на тепловые и газовые методы, то в Китае наряду с тепловыми активно используются физико-химические и микробиологические методы. Самостоятельные исследования в области повышения нефтеотдачи ведут и основные крупные нефтедобывающие компании, такие как Shell, BP и др.

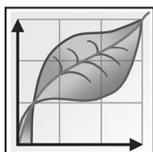
■ Освоение трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов

В настоящее время в мире более половины текущих запасов углеводородов относится к категории трудноизвлекаемых. Возникшая тенденция требует активизации освоения трудноизвлекаемых запасов (ТИЗ), разработки новых методик и технологий добычи.

Обобщение материалов годовых отчетов нефтегазодобывающих компаний и материалов государственных учреждений и ведомств в рамках «Энергетической стратегии России до 2020–2030 гг.» позволяет, во-первых, выделить группу запасов с неблагоприятными физическими свойствами – обводненные, тяжелые и вязкие нефти, аномальные нефти и нефтяные газы, природные битумы и битуминозные пески. Во-вторых, отнести к ТИЗ углеводороды, с неблагоприятными для извлечения геолого-промысловыми условиями залегания и/или низкой продуктивностью пласта – углеводороды в сложных коллекторах с низким коэффициентом извлечения, остаточные запасы в «недоосвоенных» месторождениях, запасы в месторождениях на поздней стадии разработки [Пуртова, Вариченко, Шпуров, 2011].

Согласно оценкам, только при модернизации существующих методов увеличения нефтеотдачи коэффициент извлечения нефти для трудноизвлекаемых запасов может возрасти до 0,45, при этом максимальные потенциальные возможности увеличения нефтеотдачи ожидаются от химических методов (25–35%) [Барков, Грунис, Хавкин, 2012]. При достижении коэффициента извлечения природного газа 0,92 резко повышается экономическая рентабельность месторождений. Суммарная оценка бюджетной эффективности освоения трудноизвлекаемых углеводородных ресурсов оценивается к 2020 г. в размере от 41,4 до 66,1 млрд долл.

Основные достижения, способные увеличить добычу трудноизвлекаемого углеводородного сырья в ближайшем будущем, будут лежать в области фундаментальных и прикладных исследований, направленных на увеличение коэффициента извлечения нефти (КИН), изменения коллекторских свойств пластов (в том числе на истощенных месторождениях и месторождениях низконапорного газа), модернизации и вывода на более высокий качественный уровень арсенала буровой техники и технологий, привлечения нанотехнологий, производства высокотехнологичного, ресурсо- и энергосберегающего оборудования (в том числе создания программно-аппаратных комплексов для моделиро-



вания и управления геолого-техническими мероприятиями), разработки инновационных методов добычи и т.д.

Активное освоение трудноизвлекаемых запасов углеводородов может повлечь за собой развитие нетрадиционного для России направления добывающей промышленности – добычу редких металлов (молибдена, галлия, германия и др.) из нефти и тяжелых битумов.

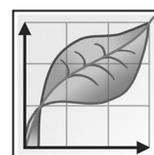
Тенденция по увеличению доли трудноизвлекаемого углеводородного сырья в общей структуре запасов проявляется во многих нефте- и газодобывающих странах. В Канаде доля тяжелой нефти (преимущественно природные битумы провинции Альберта) составляет около 50% (на 2010 г.) от общего объема добываемого жидкого топлива, увеличение прогнозируется на 4% в год [Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2010 г.】. Доля тяжелой нефти и природных битумов в объеме добычи Венесуэлы составляет около 80%. К странам с передовым опытом освоения высоковязкой нефти относятся США, Венесуэла, Индонезия, Китай и Канада. При этом в последние годы в области применения методов увеличения нефтеотдачи на первый план выходят газовые и термогазовые методы воздействия на сложные коллекторы. Мировыми лидерами по внедрению новейших разработок считаются следующие компании: Schlumberger, Shell, ExxonMobil, Halliburton, Chevron, Total, BP и др. Дополнительная мировая добыча за счет применения третичных методов оценивается в 110–130 млн т в год.

В настоящее время Россия отстает от ведущих нефтедобывающих стран мира в области разработки и внедрения процессов и оборудования, нацеленных на повышение нефтеотдачи из коллекторов с вязкой и тяжелой нефтью. Вследствие больших запасов «легкоизвлекаемых» углеводородов в России не отработаны экономически эффективные технологии добычи битуминозных песков (аналогичные канадской технологии N-Solv) и тяжелой нефти в низкопроницаемых коллекторах. Наибольших успехов в этой области достигла ОАО «Татнефть» [Боксерман, 2011]. Неоднозначна ситуация с разработкой технологий и оборудования для добычи трудноизвлекаемого жидкого и газообразного углеводородного сырья, включая газогидратные месторождения. Однако технологии, запатентованные специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФГУП «ВНИИОкеангеология имени И.С. Грамберга», Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, ТатНИПИнефть ОАО «Татнефть», ООО «Нефтяник» и другими научными центрами, полностью соответствуют мировому уровню, а по ряду показателей его превышают.

■ Технологии освоения нетрадиционных ресурсов углеводородов

К нетрадиционным источникам углеводородов относятся битуминозные пески, сланцевый газ, шахтный метан и метан высокогазоносных угольных пластов, попутный нефтяной газ, газогидраты, в которых суммарные извлекаемые запасы углеводородов, по современным оценкам, соизмеримы с запасами нефти и природного газа или даже их превосходят. Для ряда государств, лишенных собственной базы традиционного углеводородного сырья, освоение подобных источников углеводородов становится вопросом национальной энергетической безопасности. Кроме того, более эффективная утилизация шахтного метана и попутного нефтяного газа позволит существенно уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу.

По оценкам ряда экспертов Департамента энергетики США, извлекаемые запасы сланцевого газа в мире составляют около 187,4 трлн куб. м [EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resources Assessment, June 2011], что соизмеримо с извлекаемыми запасами природного газа. Суммарные запасы нефти, содержащиеся в битуминозных песках, в мире составляют 5478 млрд барр., что лишь немногим меньше суммарных запасов обычной нефти. Мировые запасы метана высокогазоносных угольных пластов и шахтного метана составляют до 240–260 трлн куб. м [World Energy Outlook 2010 Edition /



International Energy Agency, 2010]. Точных оценок запасов метана в газогидратах до настоящего времени не имеется. Однако большинство экспертов сходится во мнении, что эти запасы не уступают запасам природного газа, а возможно даже и превосходят их. Освоение этих до сих пор малоиспользуемых ресурсов позволит на многие десятилетия обеспечить человечество углеводородами и изменит сложившуюся к настоящему времени ситуацию на рынке углеводородного сырья.

«Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» от 13 ноября 2009 г. № 1715-р предполагает вовлечение в хозяйственный оборот нетрадиционных запасов природного газа, тяжелой нефти и природных битумов, а также обеспечение условий для не менее чем 95% уровня утилизации попутного нефтяного газа, однако никаких четких количественных показателей, к которым ожидается прийти к 2030 г., не приводится. На данный момент освоение нетрадиционных ресурсов углеводородов в РФ расценивается как второстепенная задача, которая станет по настоящему актуальной лишь в относительно долгосрочной перспективе.

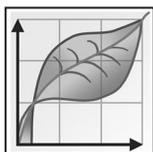
Запасы нетрадиционных видов углеводородного сырья на территории РФ значительны. Запасы метана угольных пластов составляют до 83,7 трлн куб. м, а прогнозируемые запасы битуминозных песков и вязких нефтей – около 347 млрд барр. [О перспективах добычи угольного газа в России, 2012]. Объемы ежегодно образующегося при добыче нефти попутного нефтяного газа составляют около 60 млрд куб. м. Внедрение технологий освоения этих ресурсов позволит существенно увеличить извлекаемые запасы углеводородного сырья РФ, а также повысить эффективность работы нефтегазовой, угольной и некоторых других отраслей.

Активное освоение ресурсов сланцевого газа ведется в США при разведанных запасах около 24 трлн куб. м [Modern Shale Gas Development in the United States, 2009]. Потенциальные возможности для добычи сланцевого газа имеют Россия, Австралия, Индия, Китай, Канада, Германия, Польша и ряд других государств. Эксплуатация месторождений битуминозных песков ведется только в Канаде и Венесуэле. Лидерами в прямой добыче метана из высокогазоносных угольных пластов и утилизации шахтного метана являются США и Австралия. Активно развивается добыча шахтного метана в Польше, Канаде, Германии и Китае. В области разработки газогидратов к настоящему моменту функционируют только пилотные опытно-промышленные проекты, подобные полигону в дельте р. Маккензи (Канада) и в Японии.

В ближайшие годы основные научно-технические прорывы, связанные с этим трендом за рубежом, можно ожидать в области появления более эффективных и дешевых технологий эксплуатации залежей битуминозных песков и сланцевого газа. В России же прорывы если и будут, то скорее технологического характера, связанные с более активным внедрением в реальное производство технологий утилизации попутного нефтяного газа и шахтного метана. В долгосрочной перспективе в мире в целом и в России в частности можно ожидать создания прорывных технологий в области разработки месторождений газогидратов.

Реализация данного тренда окажет наибольшее воздействие на энергетику, химическую промышленность и транспорт. Весьма вероятен рост рынка ресурсосберегающих технологий и технологий утилизации отходов и выбросов в атмосферу (шахтный метан, попутный нефтяной газ). Но основной прирост в долгосрочной перспективе можно прогнозировать на рынке технологий добычи нетрадиционных углеводородов, и прежде всего газогидратов.

Россия является одним из лидеров в области разработки технологий добычи газогидратов. В то же время наметилось существенное отставание в области экологически безопасных и экономически эффективных технологий разработки месторождений тяжелой нефти и битуминозных песков, особенно в области технологий добычи сланцевого газа. Извлечение и утилизация метана из угольных пластов в России пока находится в зачаточном состоянии. Утилизация шахтного метана на данный момент составляет менее 10% от объемов дегазации, а проекты по прямому извлечению метана из угольных пластов находятся в стадии пилотного запуска и связаны пока исключительно с дея-



тельностью ОАО «Газпром». В отношении технологий утилизации попутного нефтяного газа Россия практически не уступает зарубежным конкурентам. Однако внедрение значительной части этих технологий в полном масштабе пока дело будущего и потребует серьезных дополнительных финансовых вливаний.

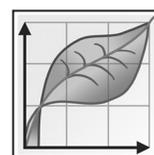
■ Разработка новых энергосберегающих технологий добычи и глубокой переработки минерального сырья

В Российской Федерации сосредоточено более 21% мировых запасов природного газа и свыше 5% запасов нефти [BP Statistical Review of World Energy, 2012]. Повышение уровня добычи и желание России сохранить высокие позиции на мировом рынке углеводородного сырья требуют постоянных научных и научно-технических изысканий. Согласно оценкам Министерства природных ресурсов и экологии, разработка и внедрение высокотехнологичных и инновационных методов и способов добычи к 2020 г. повлечет за собой увеличение извлекаемых запасов на 24 млрд т [Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г.». Коэффициент извлечения нефти (КИН) для активных запасов повысится до 0,5–0,7, российские запасы нефти увеличатся до 13,7 млрд т и более. Ведение добычи газа традиционным способом на настоящий момент обеспечивает извлечение только 70% разведанных запасов. Потери при добыче варьируют от 25–30% для попутного нефтяного газа до 95% – для этана. Внедрение новых технологий позволит в разы увеличить качество разработки месторождений, объемы извлечения газового сырья и экономическую эффективность газодобывающей отрасли.

Основные направления тренда – создание новых технологий бурения и эксплуатации скважин, гидроразрыва пласта, интенсификации добычи и увеличения отдачи углеводородов, эффективной добычи газоконденсата, попутного нефтяного газа, гелия и других газов, разработки месторождений углеводородов на шельфе.

На современном этапе хорошо разработаны методы увеличения нефтеотдачи. Наиболее перспективными из них считаются физико-химические методы, в том числе гидравлический разрыв пласта (ГРП). Его успешное применение дает приращение дебита скважины в количестве около 12,5 т в сутки и продолжительность эффекта 3,5 года [Веселков, 2007]. В то же время методика является дорогостоящей (стоимость обработки одной скважины достигает 3,5 млн руб.) и экологически непривлекательной. В структуре гидравлических методов к прогрессивным можно отнести полимерное заводнение [Хавкин, 2010]. В условиях усиления экологических требований к добывающей отрасли проявляются преимущества микробиологических воздействий на продуктивные пласты. На настоящий момент технологически подготовлены методы введения тепла в продуктивный пласт – закачка пара и нагретой воды, внутрипластовое горение и пароциклическая обработка скважин. В отдельную группу выделяются геофизические методы увеличения степени извлечения углеводородного сырья [Интенсификация добычи нефти и повышение нефтеотдачи..., 2012]: акустическое воздействие, экологически чистые ультразвуковые технологии (успешность – 85%, увеличение дебита скважин в 2 раза), электромагнитное и волновое воздействие. В целом в России доля химических методов составляет около 30%, тепловых – 22%, гидродинамических и физических – по 12%, газовых методов – порядка 8% [<http://www.tegaz.ru/>]. Одновременно увеличивается необходимость использования системно-адресных технологий, адаптированных к конкретным условиям разрабатываемого месторождения.

Статус технологии, обеспечивающей экономическую безопасность нефтегазодобывающих стран, имеет горизонтальное бурение скважин. Горизонтальное и разветленно-горизонтальное бурение позволяет изменить категории ранее неизвлекаемых или трудноизвлекаемых запасов, обеспечивает возможность освоения месторождений на шельфе без строительства дорогостоящих морских платформ, повышает эффективность традиционных методов увеличения нефтеотдачи [Мессер, Повалихин, 2006]. Развитию горизонтального бурения сопутствуют кардинальные изменения технологий и областей



применения многоствольного бурения. Высокое качество добычи достигается путем бурения многозабойных скважин для разработки сложноустроенных залежей нефти и газа. Параллельно с модернизацией технологий бурения происходит совершенствование буровых растворов, в том числе для проходки засоленных грунтов, мерзлых или хрупких пород и др., а также насосного оборудования и материалов. В рамках тренда в активном стимулировании нуждаются создание и внедрение технологий сайклинг-процесса при добыче газового конденсата, увеличивающих конденсатоотдачу и степень извлечения жидких углеводородов до 35%, глубокого охлаждения и сжижения гелия и др.

Реализация тренда приведет к новому витку развития рынка собственно технологий нефте- и газодобычи. Произойдет расширение рынка новых материалов, химических реагентов и оборудования с привлечением предприятий машиностроительной, химической, транспортной и других отраслей. Широкие перспективы открываются для рынка нефтегазового сервиса.

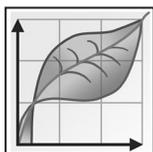
Практически все ведущие страны и нефтегазодобывающие компании ведут активные разработки в области создания и внедрения новых технологий добычи углеводородов. В период с 2006 по 2010 гг. ведущими мировыми компаниями Shell, ExxonMobil, Total, BP, Chevron в общей сложности было затрачено более 20 млрд долл. на НИОКР. Велики затраты на НИОКР в Китае и Бразилии. Широкий спектр предложений на рынке нефтегазового сервиса предлагают компании Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Weatherford, Trican Well Service, Carbo Ceramics, ExxonMobil.

В России наибольшее количество технологических решений связано с методами воздействия на углеводородсодержащие коллекторы и их компоненты: акустическое, термическое, сейсмическое воздействие. Уникальные технологии сейсмоакустического воздействия, увеличивающие дебит скважин до 15–16%, созданы во ФГУП ГНЦ РФ ВНИИгеосистем, Российском государственном университете нефти и газа имени И.М. Губкина, МГУ имени М.В. Ломоносова, ОАО «ВНИИНефть», ОАО «Российская инновационная топливно-энергетическая компания» (РИТЭК). Активно ведется создание уникальных реагентов, закачиваемых в продуктивные пласты. Успешно начали осваиваться технологии бурения горизонтальных скважин. На авангардных позициях в этой области находится компания ОАО «Татнефть». Общий уровень современных российских разработок не уступает мировым аналогам, а по ряду разработок их превосходит.

По суммарной мощности объемов предприятий первичной переработки нефти (2010 г. – 279 млн т) Россия занимает второе место в мире после США. Однако глубина и качество переработки углеводородов не всегда соответствует мировым стандартам. Согласно оценкам Международного энергетического агентства, увеличение эффективности использования нефтяных ресурсов в России до уровня стран ОЭСР позволило бы обеспечить экономию энергоносителей (в пересчете на нефтяной эквивалент), составляющую первые десятки процентов. Высокий экономический эффект принесет внедрение процессов гидрокрекинга (оценочное увеличение объема выпускаемой продукции на 45 млн т), каталитического крекинга (на 13 млн т), висбрекинга и риформинга (на 4 и 3 млн т соответственно) [Шматко, 2010].

Глубокая переработка углеводородных ресурсов соответствует долгосрочным требованиям национальной экономики. Ключевые направления исследований и разработок в этой области следующие: процессы переработки тяжелых нефтей и нефтяных фракций; производство моторных топлив и сырья, соответствующих экономическим и экологическим нормам для нефтехимии; переработка природного и попутного газа как альтернатива нефтепереработке; процессы и катализаторы производства мономеров для нефтехимии, синтез-газа, водорода, полимерных материалов; катализаторы и энергосберегающие процессы в азотной промышленности; процессы и катализаторы нефтехимического основного и тонкого органического синтеза.

Основные технологии, требующие создания и/или модернизации, относятся к производству наноразмерных катализаторов, катализаторов гидрокрекинга, гидроочистки, каталитического крекинга, риформинга, изомеризации легких бензиновых фракций,



процессов алкилирования, получения мономеров и каучуков, конверсии природного газа и оксида углерода и др. [Технологическая платформа «Глубокая переработка углеводородных ресурсов», 2010]. Стоит задача по уменьшению объема вырабатываемого мазута, повышения качества моторных масел и топлив с высокой добавленной стоимостью при улучшении их экологических свойств; обновления технологий производств. В области переработки природного и попутных нефтяных газов приоритетными направлениями считаются: создание технологий получения синтез-газа (в том числе для использования в машиностроении, металлургии, пищевой промышленности) и его превращения в олефины и высокооктановый бензин; производство этилена и пропилена; технологии переработки природного газа в высокооктановый бензин, дизельное топливо и керосин; ароматизация «жирного газа», газового конденсата и попутного нефтяного газа, технологии производства спиртов и жидких кислот методом оксосинтеза.

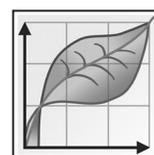
В рамках тренда получают развитие несколько сегментов рынка – качественно новой продукции нефтегазопереработки и нефтехимии: высококачественного топлива и нефтепродуктов, продуктов химической переработки природного и попутного газа, основного нефтехимического сырья, полимерных материалов, продукции тяжелого органического синтеза и др., а также рынок технологий переработки тяжелых нефтей, нефтяных фракций, природного и попутного газа, использования мембранных систем, получения новых специальных полимеров и др. Большой сегмент рынка придется на катализаторы. Перспективны рынки оборудования нефтепереработки, крупного реакторного оборудования, оборудования для небольших нефтеперерабатывающих заводов.

Ведущие позиции в мире в области глубокой переработки углеводородных ресурсов занимают США, Франция, Дания, Великобритания и другие страны. Активно наращиваются мощности нефтегазопереработки в Южной Африке, Японии, Судовской Аравии. Крупные нефтегазохимические кластеры существуют в Сингапуре, Южной Корее, Бразилии, Китае, Иране и Индии. К ключевым компаниям относятся EXXON Mobil, AXENS, Chevron и др. Глубина переработки углеводородов в США и странах Европы достигает 85–95%, в отличие от России, где аналогичный показатель находится на уровне 71% [Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 г.»].

Нефтегазоперерабатывающая отрасль России в настоящий момент находится в сложном положении. Средняя загрузка предприятий не превышает 70%. Из зарегистрированных 180 мини-нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) большинство не владеет установками по улучшению качества продуктов. Оснащение производств на большинстве НПЗ не соответствует уровню мировых лидеров (изношенность основных фондов до 80%), что обуславливает низкий выход светлых нефтепродуктов (в 1,5 раза меньше среднемирового показателя), недостаточную глубину переработки нефти, слабую переработку газа, низкие объемы вторичных процессов переработки и экспортной продукции (30% от объема экспорта). Высока зависимость от зарубежных производителей в области каталитических технологий (до 100% в гидрокрекинге).

Основные российские достижения лежат в области создания нового поколения каталитических систем для получения современных полимеров, процессов гидрокрекинга, дегидрирования попутных газов, водородсодержащего газа из углеводородного сырья; получение наноструктурированных катализаторов, катализаторов гидрирования на основе металлов платиновой группы. В период 2015–2030 гг. ожидается достижение качества продукции глубокой переработки углеводородных ресурсов на уровне мирового рынка, вывод конкурентноспособной продукции на внутренний и внешний рынки [Топливный рынок России, 2009]. Импорт технологий ожидается в области процессов и катализаторов гидрокрекинга высокого давления.

Исследования, направленные на использование отходов добычи и переработки полезных ископаемых, можно оценить как недостаточные, так как на добычу полезных ископаемых приходится 89% объема образования всех отходов в России, в том числе на добычу топливно-энергетических ископаемых – 59%.



■ Развитие многофункциональных и проблемно ориентированных ГИС и перспективных интеллектуальных экспертных систем

Развитие тренда направлено на повышение эффективности обработки и визуализации пространственной информации для проведения экспертных оценок и принятия решений по управлению территориями. К таким инновационным технологиям относятся геоинформационно-картографические и аэрокосмические методы, технологии сбора и обработки пространственной информации, а также методы принятия обоснованных решений по управлению территориями. Поэтому проблема разработки систем поддержки принятия решения на различных уровнях обработки пространственной информации и их главной составляющей – экспертных систем для выбора критериев и оценки эффективности решений по уменьшению нагрузки на окружающую среду – является чрезвычайно важной и актуальной.

Одним из наиболее перспективных направлений решения данной проблемы считается создание систем поддержки принятия решения на основе геоинформационных систем (ГИС).

С распространением ГИС и экспертных систем специалисты-экологи получают возможность использовать компьютерные технологии для уточнения, распространения, пропаганды, а главное, получения новых знаний об экологической ситуации, сопоставлять между собой конечные и промежуточные выводы при несовпадающих мнениях и увеличить достоверность оценок.

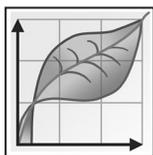
Возможности ГИС для интеграции информации, полученной из различных источников, в пространственном контексте делают их хорошо пригодными в качестве средств поддержки процедур принятия решений, построения модели принятия решения, которые должны строиться с учетом множества факторов и с использованием специально создаваемых интеллектуальных экспертных систем. Общей характеристикой ГИС должна служить их проблемная ориентация, что требует четкого определения круга задач ГИС-проекта. Для инвентаризационных, оценочных и динамических задач экологии и рационального природопользования ГИС-технологии способствуют максимально эффективному использованию разных источников информации: полевых обследований, оперативной аэрокосмической съемки, карт, данных статистики. Особенно это касается задач выявления тенденций и темпов динамики процессов и принятия на основе результатов моделирования пространственных решений.

Для этих целей используется совокупность инструментальных средств, обеспечивающих интеграцию, анализ и представление пространственно определенной информации, формирование (моделирование) альтернатив на разных этапах принятия решений по обеспечению экологической безопасности, их анализ и выбор вариантов, удовлетворяющих поставленным условиям.

В структуре экспертных систем предусматривается формирование базы знаний, содержащей набор критериев для выбора эффективного решения, описание факторов, определяющих достоверность каждого критерия и правила оценки альтернатив на основе экспертных оценок. Такие системы являются результатом мультидисциплинарного исследования, включающего теории баз данных, принятия решений, искусственного интеллекта, интерактивных компьютерных систем, методов имитационного моделирования. Задачи экспертных систем заключаются в следующем:

- оценка природного ресурса, определение показателей его изменения, оценка невозможных ресурсов;
- оценка последствий принятия тех или иных решений, их влияния на окружающую среду и общество;
- предложение пространственно определенных решений по предотвращению этих последствий.

К странам, лидирующим по уровню развития науки и технологий по данному тренду, следует отнести США, Великобританию и Японию. США являются крупнейшими в



мире производителями геоинформационного программного обеспечения и его применения для решения разных задач, в том числе экологических.

■ Развитие теории изменений климата

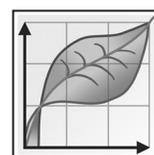
Первые теоретические разработки в данной области появились в конце 1960-х гг. Теория развивалась, синтезируя достижения различных наук, акцентируя их на решении собственных задач. Это фундаментальная математика (теория дифференциальных уравнений), вычислительная математика, создающая численные (компьютерные) методы решения уравнений, развитие вычислительной техники, физики неравновесных систем, гидромеханики, теории турбулентности, метеорологии, океанологии, гляциологии, планетной астрономии. Также используются сведения по геохимии и биологии. Для развития теории необходимы натурные данные, что потребовало формирования сети глобальных гидрометеорологических наблюдений и восстановления климатов прошлого (развития четвертичной геологии и палеогеографии), а также изучения климата иных планет. Признано, что инструментом климатического прогноза, воплощающим достижения теории, должна стать совершенная математическая модель земной климатической системы, синтезирующая названные выше научные направления. Именно по этому пути развивается наука моделирования климата, что привело к созданию моделей планетарной циркуляции атмосферы, океанов, ледниковых щитов и объединенных модельных комплексов. Развивается наука влияния внешних факторов. К теории интенсификации парникового эффекта добавились концепции о вариациях светимости Солнца и неустойчивости вращения планеты. Построена теория резких климатических изменений, основанная на эффекте прекращения океанической термохалинной циркуляции в высоких широтах. Понимание всех значимых закономерностей и их математическое описание составляют фундаментальную основу теории изменений климата.

Развитие теории изменений климата (наряду с системой глобального мониторинга климатических изменений и реконструкциями палеоклиматов) позволит осуществить прогноз климата. Он должен включать заключение не только о динамике осредненных значений, но и об экстремумах разной обеспеченности. В настоящее время развитие теории происходит по многим направлениям: изучается физика явлений, исследуются уравнения, управляющие динамикой климата, накапливаются эмпирические сведения о состоянии климатической системы в прошлом и настоящем, развивается компьютерная техника и методы вычислительной математики. На основе теории можно будет дать научно обоснованные прогнозы изменения климатически обусловленных природных ресурсов и климатически зависимых отраслей экономики; рекомендации по смягчению последствий и адаптации к изменениям экономики; рекомендации по активным воздействиям на климат.

Теория изменений климата призвана дать научное обоснование для развития технологии прогнозирования изменений климата. Существующая теория [Кислов, 2011; Кислов, 2001; Дымников, Филатов, 1994] далеко не полна, поэтому можно считать, что современные климатические прогнозы (и практические выводы, на них основанные) недостаточно надежны.

На основе теории изменения климата развивается прикладная наука климатического прогноза. Знание будущего состояния климата позволит оценить последствия изменений климата для физических и биологических систем [Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем, 2012] и на этой основе оптимально сформулировать стратегию государства и перспективы развития секторов экономики и регионов. Развитие теории требует финансовых и интеллектуальных затрат, которые связаны, в частности, с суперкомпьютерным моделированием и системами глобального мониторинга.

В результате развития теории изменений климата прикладная наука прогнозирования климата приобретет мощный фундамент. Появится рынок предложений по производству



климатических прогнозов прикладного характера для различных регионов (не только по географическому, но и по ландшафтно-пользовательскому признаку, например урбанизированные территории, национальные парки и др.). Это будет как глубокий анализ отдельных отраслей экономики (сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство, охотничье хозяйство, гидроэнергетика, ветроэнергетика, гелиоэнергетика, коммунальное хозяйство, водный транспорт, рекреация и туризм), так и подход, «вмонтированный» в процедуру выработки макроэкономических, а также экологических, демографических, социальных прогнозов [Кислов, Евстигнеев, Малхазова и др., 2008]. Деятельность по прогнозированию климата всегда будет функцией государственных учреждений. Эта процедура требует использования мощных средств производства (спутниковых систем мониторинга, научно-исследовательских судов и авиации, суперкомпьютерной техники). Для осуществления прогнозов состояния окружающей среды и экономики могут быть эффективны и частные предприятия.

Развитие теории изменений климата происходит в различных научных учреждениях, причем их набор меняется в связи со сменой лидеров. В настоящее время в США – это Национальный центр атмосферных исследований (NCAR), Национальная лаборатория Лос-Аламоса, университеты Колорадо, Принстонский и др.; в Канаде – Канадский центр моделирования и анализа, в Великобритании – Европейский центр среднесрочных прогнозов, Хэдлевский центр, Британская антарктическая служба; во Франции – Парижский университет VI, Институт Пьера-Симона Лапласа (IPSL); в Германии – Институт метеорологии Макса Планка.

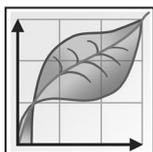
В России теория изменений климата активно развивается главным образом в Институте вычислительной математики РАН и Институте физики атмосферы РАН. Научный задел этих учреждений сопоставим с вкладом учреждений других стран, но он мало известен и не востребован мировым сообществом.

■ Развитие методов оценки природного и антропогенного рисков

Вопросы предупреждения, ликвидации последствий, действий при чрезвычайных ситуациях становятся важнейшими пунктами международной повестки. В 2005 г. в Кобэ (Япония) была проведена Всемирная конференция по уменьшению бедствий, которая приняла программный итоговый документ «Создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств и сообществ: Хиогская рамочная программа действий на 2005–2015 гг.».

За последние четыре десятилетия XX в. средний ежегодный ущерб от стихийных бедствий в мире увеличился в 40 раз. По разным данным, он увеличивается на 2–10% в год. Особенно возрос экономический ущерб от стихийных бедствий и техногенных катастроф в 1990-х гг. Роль спускового крючка в учащении природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций играют глобальные изменения климата, их распространение в районах, где ранее они не наблюдались либо отмечались крайне редко. Примером может служить выход двух тайфунов на территорию Дальневосточного региона в 2012 г., а также катастрофическое наводнение в бассейне Амура в 2013 г. Только в 2011 г. различного рода стихийные бедствия и техногенные катастрофы причинили глобальной мировой экономике рекордный за несколько последних лет ущерб, оцениваемый в 366 млрд долл. [Ежегодный доклад секретариата Международной стратегии ООН по сокращению угрозы..., 2012]. Социальные потери (жертвы, пострадавшие), обусловленные природными и техногенными чрезвычайными ситуациями, также существенны. По данным ООН, только в 2011 г. погибло около 30 тыс. чел., а пострадало почти 30 млн чел. При этом если в середине и конце XX столетия от природных чрезвычайных ситуаций страдали в основном слаборазвитые страны, то в начале XXI в. серия крупнейших стихийных бедствий потрясла экономики развитых стран (Новая Зеландия, США, Япония, Франция).

Реализация стратегии снижения ущерба и уменьшения человеческих жертв от при-



родных и техногенных катастроф подразумевает развитие общей теории безопасности и прикладных методов анализа и управления риском чрезвычайных ситуаций, обеспечение формирования культуры безопасности жизнедеятельности, техническое и технологическое обеспечение современными средствами для спасения пострадавших и ликвидации последствий.

Для снижения ущерба, жертв и риска разработана концепция управления риском, то есть его удержания на приемлемом уровне. Она является стержнем работ, проводимых многими странами по различным программам, и прямо связана с идеей устойчивого развития. Развитие концепции «приемлемого риска» окажет наибольшее влияние на такие сектора, как проектирование, строительство, транспорт, приборо- и машиностроение, новые материалы и технологии, туризм и страхование.

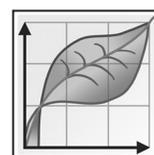
К странам, лидирующим по уровню развития науки и технологий в данной области, следует отнести США, страны ЕС (включая Францию, Голландию, Великобританию), Швейцарию, а также Японию и Китай. Основными лидерами являются в основном государственные структуры типа Российского МЧС, американской FEMA и подобных им в других странах. Наряду с этим, существенные достижения в сфере методов оценки природного и антропогенного риска имеют некоторые научно-исследовательские институты и университеты США, Японии, Китая.

Активное исследование природного риска в России началось в первой половине 1990-х гг. За прошедший период были выявлены основные источники и факторы природного риска, предложены методики его оценки, разработанные на примере конкретных видов опасных природных процессов и явлений [Курбатова, Мягков, Шныпарков, 1997; Шныпарков, Грязнова, Данилина и др., 2009; Seliverstov, Glazovskaya, Shnyuparkov, et al., 2008]. Разработанные методы характеризуют риск в различных показателях: повторяемости явлений, вероятной гибели человека, вероятного ущерба и повторяемости чрезвычайных ситуаций разных категорий тяжести. Различие в проявлении опасных природных процессов, их негативных последствий затрудняет задачу оценки природного риска в единых показателях. Большая часть методик оценок природного риска в России разработана для среднего и мелкого масштабов, а техногенного риска – для крупного масштаба. За рубежом все методики оценки природного и техногенного рисков разработаны для крупного масштаба.

■ Развитие комплексных исследований Арктической зоны

В последнее время наблюдается устойчивый рост интереса к Арктике как приарктических стран (Россия, США, Канада, Норвегия, Швеция, Финляндия, Дания, Исландия), так и других стран мира и международных организаций (НАТО, ЕС, Всемирный фонд дикой природы, ЮНЕП и др.). Особая роль Арктики как богатой природными ресурсами территории, выполняющей роль глобального экологического буфера, «кухни погоды» умеренных широт Северного полушария, значительно активизировала научные исследования в регионе на фоне возросших технических возможностей. Это ярко отражают результаты научных программ Арктического совета (<http://www.arctic-council.org/>), Баренц-Евро-Арктического региона (<http://www.barentsinfo.org>) и др., в работе которых Россия принимает деятельное участие. Процессы глобализации усиливают значимость результатов научных изысканий в регионе по многим направлениям: обоснование границ приоритетных экономических интересов государств; предотвращение загрязнения природной среды; изменение состояния природной среды и экономики в связи с изменениями климата; международное использование Северного морского пути; обеспечение прав аборигенного населения на традиционное природопользование, военная безопасность и др.

Россия имеет в Арктике особые экономические и геополитические интересы. По прогнозам специалистов, к 2040 г. из-за глобального потепления удешевятся перевозки в Арктике. Путь по Северному морскому пути из Европы в страны Восточной и Юго-



Восточной Азии почти в два раза короче, чем традиционный. Могут получить развитие и трансполярные межконтинентальные авиарейсы. Более 15 трлн долл. – в такую сумму оценивается общая стоимость разведанных и прогнозируемых запасов ресурсов энергетического и минерального сырья в российской зоне Арктики. В настоящее время в Арктическом регионе производится 20% ВВП и около 22% общероссийского экспорта.

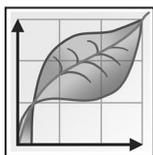
Научное обеспечение рационального природопользования на территории Арктики в условиях меняющегося климата – залог устойчивого социально-экономического развития. Для северных стран начальный небольшой положительный экономический эффект изменения климата при глобальном потеплении более чем на 2–3 °С сменяется негативным. Экономические модели оценивают затраты и ущерб от неконтролируемого изменения климата в размере 5% глобального ВВП ежегодно, но эта цифра может увеличиться до 20% при учете более широкого спектра видов ущерба и рисков [Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России, 2005; Stern, et al., 2006].

Арктика России – территория глобального экологического буфера, оказывающая средообразующие экологические услуги, рынки которых уже формируются. За период 2008–2011 гг. все 8 стран региона приняли Арктические доктрины, сформулировав в них свои национальные интересы в Арктике. В 2008 г. Арктическая доктрина принята в России. Состояние окружающей среды Арктики Российской Федерации до сих пор остается фрагментарно изученным, нарастают признаки деградации природной среды и социальной дестабилизации, потери природного и культурного наследия.

Реализация тренда соответствует Арктической доктрине Российской Федерации, а также обязательствам в выполнении научных исследований в рамках международных арктических программ [Пилясов, 2012]. Необходимо расширение комплексных исследований на среднесрочную перспективу для сохранения российского присутствия в Арктике и обеспечения системы научного наблюдения за природными и социальными процессами. Результаты этих исследований являются платформой для обоснования сбалансированной экологической политики и стратегических решений в сфере промышленного освоения ресурсного потенциала Арктики и сохранения благоприятной окружающей среды. В таких результатах будут заинтересованы как государственные органы, так и частные компании. Наиболее востребованными до 2030 г. будут региональные климатические, экологические, социально-экономические прогнозы, оценки воздействия на окружающую среду, инновационные подходы к территориальному планированию.

США, Канада, Норвегия, Канада, Исландия, Финляндия и другие страны создали новые арктические исследовательские центры. В национальных стратегиях развития полярных территорий этих стран четко обозначены приоритеты – углубление разноплановых научных исследований в регионе. Ключевыми научными учреждениями осуществления комплексных научных исследований в России пока являются структуры РАН и Росгидромет. Необходимо создание межведомственной группы по арктическим исследованиям при Минобрнауке для координации работ ведущих вузов страны, а также вовлечение ресурсных корпораций в регламентированное участие во внутрирегиональных полярных исследованиях широкого профиля. Международными партнерами России выступают страны, участвующие в научно-исследовательских программах Арктического совета.

Большая площадь Российской Арктики, длительный период мониторинговых исследований изменений природной среды, климата, криосферы и т.д., наличие кадров высшей квалификации позволили накопить большую информационную базу данных, разработать методические подходы мониторинга, создать прогнозные математические модели, ГИС-технологии, не уступающие мировым. Однако сплошного покрытия территории научной информацией пока нет. Нуждаются в усилении научные исследования в области «культурного измерения». Требуют существенной доработки методики интегрирования результатов комплексных исследований, особенно в отношении социально-экономических данных в рамках всего региона в целях совершенствования структуры природопользования.



2.4. Тренды изменения состояния окружающей среды

■ Изменения климата, усиление опасных гидрометеорологических процессов

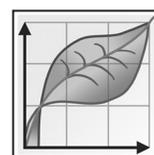
Ущерб, наносимый экстремальными гидрометеорологическими процессами, по оценкам ООН, составляет 70% суммарного ущерба от воздействия природных катастроф и стихийных бедствий [Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, 2011]. В России наиболее распространены засухи, лесные пожары и наводнения, а также сели и лавины в горной местности. Изменения их интенсивности и повторяемости есть одно из проявлений изменения климата. Оценка тренда затруднительна для обширных регионов Сибири и Дальнего Востока, особенно для горных районов, где недостаточно развита сеть данных наблюдений.

При происходящем потеплении климата в России благоприятными тенденциями являются: сокращение отопительного сезона и, соответственно, затрат на топливо и отопление, увеличение продолжительности вегетационного периода, расширение зоны земледелия и, следовательно, потенциальная возможность роста сельскохозяйственного производства и укрепления продовольственной безопасности страны, увеличение сроков навигации. Усугубятся проблемы развития производственной и социальной инфраструктуры, а также транспорта в северных регионах страны, обусловленные деградацией вечной мерзлоты, и проблемы сдерживания темпов роста производства в наиболее климаточувствительных секторах экономики (сельское, лесное, водное хозяйство, транспорт, туристско-рекреационный комплекс). Ожидается усиление засух в южных районах России, увеличение пожароопасности практически во всех регионах, рост наводнений за счет дождевых паводков и изменения сроков половодий [Кислов, Евстигнеев, Малхазова и др., 2008]. Причиненный ущерб при существующих тенденциях изменения климата (включая экстремальные явления) может достигать нескольких процентов ВВП в год.

Ключевой, «главный» по масштабу процесс, происходящий в системе окружающей среды, это глобальное потепление. Рост приповерхностной температуры характеризуется коэффициентом линейного тренда $0,074 \pm 0,018$ °C/10 лет [Кислов, 2011]. Изменения температуры происходят с разной скоростью в разных местах Земли. Рост температуры не монотонный: можно выделить серию флуктуаций, в том числе теплое событие 1940-х гг., затем – похолодание и, наконец, потепление, развивающееся с середины 1980-х гг. и продолжающееся по настоящее время. Именно последнее событие, как наиболее масштабное, и создает главным образом характер трендовых изменений.

Изменения климата происходят под влиянием антропогенного воздействия (усиления парниковых свойств атмосферы за счет увеличения концентрации углекислого газа, метана и др.), накладывающегося на сложную многомодовую структуру колебаний климата, имеющую естественную природу. Изменения климата территориально сильно дифференцированы. Это создает регионально-дифференцированную реакцию на изменение климата различных природных систем, а они, в свою очередь, определяют рамочные условия в динамике территориальных природно-хозяйственных систем.

Цикличность климатических изменений указывает на возможность некоторого снижения темпов потепления в ближайшие несколько лет. Мировое сообщество, в принципе, может предотвратить глобальное потепление (создавая и постоянно поддерживая в стратосфере слой сульфатного аэрозоля), но какой при этом получится климат в отдельных регионах, неясно. Кроме того, усугубляются проблемы загрязнения атмосферы, что требует дополнительных серьезных исследований. Поэтому разумная позиция в таких условиях – ограничение выбросов парниковых газов (за счет различных международных соглашений) и адаптация к новым условиям состояния климата и природной среды, которая должна



иметь четко выработанную региональную привязку и быть направлена на то, чтобы максимально использовать новые возможности (отопления, сельского хозяйства, водного транспорта в Арктике, большую доступность полезных ископаемых на арктическом шельфе), возникающие из-за потепления климата, и по возможности компенсировать его негативные проявления. Для этого требуется перестройка традиционных укладов во всех климатически зависимых отраслях экономики [Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири, 2011]. Даже в благоприятных случаях это потребует, по крайней мере на начальном этапе, больших финансовых вложений в развитие новой инфраструктуры.

Тренд изменений климата окажет наибольшее влияние на климатически зависимые отрасли экономики. Основное влияние прогнозируется на такие сектора, как сельское и лесное хозяйство, ЖКХ, транспорт. В ходе осуществления деятельности по уменьшению выбросов парниковых газов будут формироваться и развиваться секторы альтернативных углеродному топливу технологий и рынки квот на выбросы.

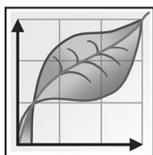
В мире проблемы изменений климата и адаптации к этим изменениям исследуются в рамках Всемирной метеорологической организации. Под ее эгидой создан Комитет экспертов (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), опирающийся на разветвленную иерархическую структуру более мелких подразделений (рабочих групп, проектов и др.), в которых принимают участие научные сотрудники из различных учреждений (всего порядка нескольких тысяч человек с преобладанием специалистов из США, Великобритании, Франции, Германии). Эти же страны (плюс Канада и Япония) являются странами-лидерами в области изучения климата.

В России проблемами климата занимаются различные учреждения Росгидромета, институты РАН и отдельные университеты, однако на международном уровне их результаты не востребованы или игнорируются. Показательно, что количество экспертов от России, работающих на всех уровнях IPCC, составляет около 10 человек. Существует все увеличивающийся отрыв российской науки от мировой. Все страны (кроме России), занятые научными разработками в области климата, эффективно скоординированы. В этом смысле рассуждать о кооперации России с другими странами следует с осторожностью, речь должна идти не столько об отдельном университете отдельной страны, сколько о целом интернациональном подразделении.

■ Увеличение интенсивности неблагоприятных геоморфологических и эрозионно-русловых процессов и изменений в криосфере

Неблагоприятные или опасные геоморфологические процессы (эрозионно-русловые, склоновые, включая оползневые и обвально-осыпные процессы, карст, просадочные явления, селевые процессы и т.д.) и процессы в криосфере несут угрозу существованию и нормальному функционированию инженерных объектов, элементов транспортной инфраструктуры, жизнедеятельности людей. Активизация опасных геоморфологических процессов предопределяет необходимость проведения трудоемких и дорогостоящих работ по оценке рисков при организации землепользования на вновь осваиваемых или реорганизуемых территориях, а при проектировании зданий и сооружений приходится использовать особо прочные (и дорогостоящие) материалы, предусматривать специальные мероприятия по обеспечению геоморфологической безопасности. Все это существенно увеличивает сроки реализации многих коммерческих и инфраструктурных проектов, приводит к их резкому удорожанию и в результате значительно отодвигает сроки окупаемости проектов.

По данным Центра государственного мониторинга состояния недр, входящего в структуру Роснедр, проявления опасных геоморфологических процессов отмечаются на значительной части территории РФ, причем наибольшая пораженность этими процессами наблюдается в наиболее густонаселенных районах – в центре и на востоке европейской части России, на Кавказе, на юге Западной Сибири, в отдельных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока [Активность опасных ЭГП]. По данным того же источника,



в последние годы во многих районах интенсивность отдельных опасных геоморфологических процессов превышает среднемноголетние значения.

Автомобильные и железные дороги, трубопроводы, зачастую имеющие стратегическое значение для экономики России, в наибольшей степени подвержены влиянию опасных процессов. Ежегодно более 50 млрд руб. уходит на поддержание работоспособности трубопроводов и ликвидацию их деформаций, вызванных деградацией многолетней мерзлоты [Оценочный доклад об изменениях климата..., 2008]. Развитие оползневых, селевых, эрозионно-руслowych и абразионно-аккумулятивных процессов существенно осложняет функционирование важнейшего рекреационного района страны – Черноморского побережья Кавказа. Оценка рисков проявления этих процессов и проектирование мероприятий по предотвращению их негативного воздействия приобрели особое значение в процессе подготовки и проведения в Сочи в 2014 году Олимпийских игр.

Отдельного внимания заслуживает ситуация, складывающаяся в криолитозоне. Освоение ее территории и содержащихся в ее недрах минеральных ресурсов, вероятно, будет одним из основных векторов развития стран, имеющих выход в Арктику. Однако в результате отмечаемой в последние годы деградации многолетней мерзлоты, происходящей на фоне глобального потепления климата, по данным МЧС РФ существенно выросло число аварий и повреждений различных сооружений [Прогноз чрезвычайной обстановки на территории РФ на 2012 год, 2011].

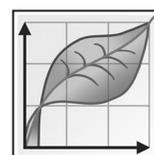
Реализация данного тренда, прежде всего, приведет к активизации исследований и разработок в области оценки рисков проявления неблагоприятных процессов и прогноза их проявления, а также экологически безопасных, относительно недорогих и высокоэффективных мероприятий по предотвращению развития опасных процессов и минимизации ущерба. Можно ожидать значительное воздействие тренда на транспорт, строительство, жилищно-коммунальное и рекреационно-туристическое хозяйство. Вырастет рынок услуг по мониторингу опасных процессов и оценке рисков проявления геоморфологических опасностей.

К странам, лидирующим по уровню развития науки и технологий в этой области, можно отнести, прежде всего, США, где на базе мощнейшей Геологической службы реализуется предметная область Natural Hazards, которая объединяет разработку методов и технологий по оценке рисков и прогнозу проявления опасных процессов, мероприятий по минимизации ущерба и некоторым другим связанным областям (http://www.usgs.gov/natural_hazards). Основной акцент в исследованиях в США делается на геоморфологических рисках, связанных с землетрясениями, извержениями вулканов, оползнями, эрозионно-руслowymi процессами, а также процессами на берегах морей. Также традиционно весьма высок уровень развития науки и технологий в области обеспечения геоморфологической безопасности в Японии и некоторых странах ЕС (в Италии, Великобритании, Франции, Германии). В последние 10–15 лет резко активизировались научно-исследовательские работы в этой области в Китае.

Россия в силу особенностей географического положения и размеров, а также большого научного потенциала является одной из немногих стран, где активно ведутся исследования в области самых разнообразных неблагоприятных геоморфологических процессов и способов минимизации ущерба от них. Некоторое отставание в уровне существующих разработок (прежде всего в области прогнозирования проявлений опасных процессов) обусловлено сохраняющейся недостаточной технической оснащенностью многих отечественных исследовательских коллективов. Несмотря на это, по многим направлениям исследований российские разработки соответствуют мировому уровню.

■ Потеря биоразнообразия

Биологическое разнообразие – важный природный и генетический ресурс планеты, обеспечивающий возможность устойчивого развития. Продолжающаяся утрата биоразнообразия значительно влияет на благосостояние людей в настоящем и будущем, так как воздействует на множество экосистемных услуг, включая обеспечение продовольствием, волокном, лекарствами и пресной водой, опыление культурных растений, фильтрацию



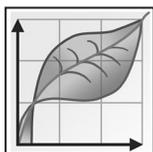
загрязнителей и защиту от природных катастроф. Важным аспектом является тесная связь биоразнообразия с экономическими выгодами. По данным международной программы «Экономика экосистем и биоразнообразия» (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, ТЕЕВ), глобальные экономические потери от сокращения биоразнообразия в 2010 г. составили от 2 до 4,5 трлн долл., что эквивалентно 7,5% глобального ВВП [The Economics of ecosystems and biodiversity..., 2010].

В мире наблюдаются многочисленные признаки продолжающейся утраты биоразнообразия по всем трем основным компонентам – генам, видам и экосистемам. Основными факторами потерь биоразнообразия в настоящее время являются следующие: изменение и загрязнение сред обитания, чрезмерная эксплуатация биоресурсов, распространение инвазивных чужеродных видов и изменение климата. С учетом текущих мировых тенденций исчезновение грозит почти 34 000 видам флоры и 5200 видам фауны, включая исчезновение каждого восьмого вида пернатых. В настоящее время под угрозой исчезновения находятся почти 30% основных пород сельскохозяйственных животных. Столь же велика опасность исчезновения для некоторых пресноводных рыб и моллюсков. В тяжелом положении находятся и растения. Особенно уязвимы голосемянные (хвойные, гинкго, саговники) и пальмы. Хотя вымирание является естественным процессом, более 99% случаев исчезновения современных видов можно отнести на счет деятельности человека [Extinction rates, 1995].

Известно, что проблема сохранения биологического разнообразия приобретает особое значение для экологической безопасности всей планеты и потому требует, с одной стороны, всестороннего исследования и мониторинга биоразнообразия, с другой – принятия ответственных государственных решений для предотвращения его потерь [Конвенция о сохранении биологического разнообразия, 1992; Панъевропейская стратегия ландшафтного и биологического разнообразия, 1995]. В рамках Глобальной стратегии по выполнению Конвенции по биоразнообразию под эгидой ООН реализуются следующие важные шаги: увеличение количества охраняемых районов (как на суше, так и в прибрежных морских зонах); сохранение конкретных видов и инициативы по борьбе с некоторыми непосредственными факторами ухудшения состояния экосистем, такими как загрязнение и внедрение чужеродных видов. К настоящему моменту 170 стран разработали национальные стратегии и планы действий в области биоразнообразия, наблюдается прогресс в развитии исследований, мониторинга и научной оценки биоразнообразия [Глобальная стратегия по выполнению Конвенции по биоразнообразию в 2010 г.].

Развитие технологий в области предотвращения потерь биоразнообразия окажет наибольшее влияние на сельское хозяйство в части комплексного использования земель и вод, а также сокращения использования пестицидов и гербицидов. Технологии по сохранению биоразнообразия будут интегрированы в водное и лесное хозяйство, рыболовство, туризм.

К странам, лидирующим в рамках тренда по уровню развития науки и технологий, следует отнести США, страны ЕС, в том числе Великобританию. В области сохранения лесных ресурсов и восстановления лесов лидирующую роль играет Россия. Основу сохранения биологического и ландшафтного разнообразия составляют государственные природные заповедники и национальные парки, являющиеся частью инфраструктуры страны, обеспечивающей экологическую безопасность как часть национальной безопасности. Всего в Российской Федерации на конец 2013 г. насчитывалось более 13 тыс. особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального, регионального и местного значения, общая площадь которых – более 200 млн га (с учетом морской акватории), что составляет 11,9% от площади территории России [Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 г.»]. На территории страны находятся 5 станций комплексного фоновый мониторинга, которые расположены в Воронежском, Приокско-Террасном, Астраханском, Кавказском, Алтайском биосферных заповедниках. В целом на конец 2013 г. законодательной охраной (Красные книги) редкие и находящиеся под угрозой исчезновения объекты животного и растительного мира обеспечены в 81 субъекте Российской Федерации.



■ Вспышки численности животных и инвазии чужеродных видов

В настоящее время инвазии (внедрение) чужеродных видов (растений, животных, микроорганизмов), сопровождающиеся зачастую вспышками численности, ставят под угрозу безопасность устойчивого развития многих стран мира. Чужеродные виды сокращают возможность нормального функционирования экосистем, от продуктивности которых так или иначе зависят многие направления жизнедеятельности человека.

В современных условиях глобального потепления прогнозируется тенденция общего сдвига природных зональных границ к северу. Соответственно, возможно расширение к северу ареалов многих видов – как ценных или редких, так и представляющих опасность в медицинском или сельскохозяйственном отношении. Кроме того, нарастающее увеличение фрагментарности местообитаний приводит к увеличению числа инвазий. В 2001 г. Международным союзом охраны природы (МСОП) создана Глобальная стратегия по чужеродным видам. В 2002 г. Советом Европы по окружающей среде инвазии чужеродных видов признаны одними из главных причин потери биологического разнообразия, а также серьезного урона экономике и здоровью населения.

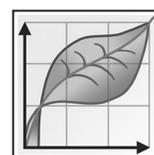
Биологические инвазии могут причинять значительный экономический ущерб, наиболее значимые убытки приносят чужеродные вредители и сорняки сельскому и лесному хозяйству, водным ресурсам, особенно в случае всплеска численности (примеры: колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) в посадках картофеля; рапана жилковатая (*Rapana venosa*), практически истребившая в Черном море промысловые виды мидий и устриц). Существуют различные оценки экономического ущерба от биологических инвазий. А.А. Тишков [Тишков, 2013] приводит такие данные: США – 137, Индия – 117, Бразилия – 50 млрд долл. На территории США приходится около 4000 чужеродных видов растений и 2300 видов животных.

Иногда инвазионные виды представляют угрозу здоровью человека – прямо (например, астма и сенная лихорадка при цветении амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia*); аллергические реакции, фитофотодерматит при контакте с борщевиком Соосновского (*Heracleum sosnowskyi*) и др.) или косвенно (поддержание очагов циркуляции различных заболеваний, например енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*) как носитель бешенства Европейской России) [Бобров, Варшавский, Хляп, 2008]. Вместе с тем высказываются мнения, что некоторые инвазионные виды хищных млекопитающих могут приносить пользу, истребляя вредителей полей и лесных посадок. Ряд инвазионных растений может быть использован как лекарственное сырье, медоносы в целях обогащения почв азотом, как фураж в пищевых и других целях. В настоящее время только в европейской части России насчитывается более 1000 чужеродных видов растений. Из примерно 370 видов млекопитающих, отмеченных в России, почти 50 признаются сегодня в той или иной степени «чужеродными». За последние 50 лет в бассейнах Днепра, Дона и Волги появилось более 50 новых видов рыб, из них около половины – натурализовавшиеся.

В первую очередь необходимо предотвратить возможные новые инвазии чужеродных видов путем тщательного фитосанитарного и ветеринарного контроля. Наиболее значимыми действиями, направленными на преодоление проблемы существующих инвазий, следует считать:

- создание баз данных инвазионных видов (как в масштабах страны, так и отдельных ее регионов) с выявлением способов заноса и расселения, оценкой опасности последствий внедрения вида;
- разработку эффективных в данном конкретном регионе для каждого отдельного вида мер борьбы с его расселением;
- ведение реестра/мониторинга популяций инвазионных видов на различных административных уровнях.

Наиболее существенное влияние инвазионные виды оказывают на сельское и лесное хозяйство, а также на рыболовство и звероводство. Отрицательное воздействие возможно на туристическую отрасль за счет уменьшения экологической, эстетической и,



вероятно, оздоровительной ценности ряда ландшафтов. Вместе с тем ряд инвазионных видов растений может использоваться как лекарственное сырье, а некоторые расселенные виды животных – как объекты охоты (в частности – ондатра и американская норка).

В США проблеме инвазионных видов уделяется значительное внимание на самых разных уровнях. Разработана национальная программа по ограничению интродукции чужеродных видов, создан Федеральный совет по чужеродным видам [Babbitt, 1998]. В 2002 г. принята Стратегия по инвазионным видам Европы. Однако европейские страны отличаются по степени подверженности биологическим инвазиям, и наиболее агрессивные чужеродные виды в разных странах Европы различны, а чужеродный вид в одной стране может быть аборигенным в другой. Ключевая рекомендация Стратегии – развитие региональной инвентаризации заносных видов.

В России в последние годы разработаны базы данных инвазионных видов, проводятся целенаправленные исследования некоторых из них, основана серия «Чужеродные виды России», начал выходить электронный «Российский журнал биологических инвазий». Разработка и реализация на национальном уровне системы мероприятий по предотвращению неконтролируемого распространения чужеродных видов и ликвидации его последствий отнесена к приоритетным направлениям по обеспечению экологической безопасности в рамках Экологической доктрины Российской Федерации [Экологическая доктрина Российской Федерации, 2002]. Однако слабая законодательная база и недостаточное информационное обеспечение мониторинга инвазионных видов приводят к весьма незначительному объему реальных действий в этой области.

* * *

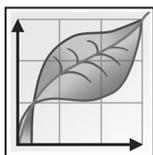
Глобальные тренды по-разному проявляются в регионах мира. Обобщенная оценка проявления глобальных трендов представлена на рис. 2 (цветная вклейка). Карта составлена по результатам экспертной оценки силы влияния трендов на следующие регионы: Россию, страны Европы, Центральную Азию, Восточную Азию, Японию, Южную Азию, Юго-Восточную Азию, Ближний и Средний Восток, Австралию и Океанию, США, Канаду, Мексику и страны Центральной Америки, Бразилию, другие страны Южной Америки, Северную Африку, Африку к югу от Сахары. Для каждого региона показана сила влияния того или иного тренда (очень сильное, значительное, отсутствует). Так, научные и технологические тренды в существенной степени определяют развитие США, Канады, стран Европы, Японии, Бразилии, в то время как в России их роль не столь велика.

Анализ рассмотренных трендов в контексте методологии форсайт-исследований позволил представить их как «вызовы» и «окна возможностей», которые определяют перспективы развития приоритетного направления «Рациональное природопользование». В соответствии с оценкой уровня влияния на Россию отдельных трендов они могут рассматриваться как окна возможностей (при положительном значении показателя на вертикальной шкале) или угрозы (при отрицательном) (рис. 3, цветная вклейка).

Под *угрозой*, согласно принятой методологии, понимается крупная объективная проблема развития науки, техники, экономики, общества и окружающей среды, способная оказать серьезное (в том числе, возможно, негативное) влияние на развитие приоритетного направления. *Окно возможностей* – тенденция или тренд, который может существенным образом способствовать развитию приоритетного направления, открывать новые перспективы.

Экспертный опрос, проведенный по методу Дельфи с участием более 150 экспертов, на основе выявленных трендов позволил обобщить результаты исследования. Так, по результатам опроса экспертами отмечены следующие *угрозы для России* в сфере рационального природопользования (в порядке убывания значимости):

- неблагоприятное состояние окружающей среды (загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов, почв, деградация биотических компонентов и экосистем);
- рост объемов отходов производства и потребления, накопленного экологического ущерба;

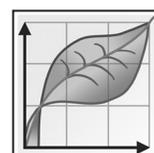


- нарастание негативного воздействия изменений климата, в том числе опасных гидрометеорологических явлений (наводнений, паводков, снежных лавин и селей, ураганов, шквалов и др.);
- недостаточная эффективность мониторинга последствий природных и техногенных катастроф;
- отсутствие рынка экологических 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.

Наряду с оценкой угроз для России по аналогичной процедуре была также проведена оценка национальных *окоп возможностей* в сфере науки и технологий, экологического регулирования. К ним были отнесены (в порядке убывания значимости):

- конкурентоспособные российские разработки в области мониторинга состояния атмосферы и гидросферы, криосферы, Мирового океана;
- разработка и внедрение новой системы нормирования допустимого воздействия на окружающую среду;
- внедрение новых методов территориального планирования, землепользования и застройки с учетом экологических ограничений;
- экологизация налоговой системы, увеличение природно-ресурсной доли налогов и повышение эффективности рентных платежей;
- создание перспективных технологий использования отходов;
- создание эффективного экологического сектора экономики (экотехнологии и экологический консалтинг) и рынка экологических услуг;
- повышение эффективности добычи топлив и минерального сырья;
- освоение возобновляемых энергоресурсов.

Несмотря на то что большая часть угроз и окоп возможностей для России проявится в полной мере около 2020 г., уже сейчас необходимо разрабатывать ответные меры, в том числе по формированию эффективной и адекватно отвечающей вызовам научно-технологической политики в области экологии и природопользования. Реализация указанных возможностей приведет к повышению качества жизни населения, созданию новых «зеленых» рабочих мест, формированию новых секторов экономики, связанных с эффективным использованием природных ресурсов, охраной природы и повышением экологической безопасности, развитием возобновляемой энергетики.



ГЛАВА 3. Перспективные рынки, продукты и услуги

3.1. Структура рынков

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.).

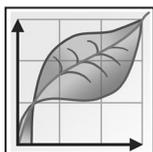
Развитие рынка рационального природопользования по ряду причин имеет для России стратегическое значение. Во-первых, ухудшение состояния окружающей среды, неизбежное при отсутствии экологически эффективных технологий, может привести не только к снижению качества жизни населения, но и к потере инвестиционной привлекательности ряда регионов, что негативно скажется на динамике их экономического развития. Во-вторых, 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. В-третьих, ориентация на зеленый рост, как уже говорилось выше, означает переход от «коричневой» топливно-сырьевой к инновационной модели экономического развития, подразумевающей внедрение экоинноваций и создание экологической индустрии как самостоятельного сектора экономики.

В середине 2000-х гг. от 25 до 40% глобального рынка экоиндустрии было сосредоточено в США, в России – менее 1% [Баренбойм, 2007]. В 2011 г. рынок оценивался величиной порядка 2 трлн евро (3,5% от мирового ВВП), к 2025 г. он должен достигнуть 4,4 трлн евро (рис. 4). В структуре ВВП Германии – одного из лидеров в этой отрасли – доля зеленых технологий в 2025 г. составит более 15%.

В России зеленый сектор экономики развит слабо, и наша страна значительно отстает от стран ОЭСР и некоторых стран БРИКС по развитию рынка экологически эффективных технологий, товаров и услуг. В государствах ЕС экоиндустрия обеспечивает занятость не менее 3,4 млн человек. Национальные стратегические планы Японии в области зеленых инноваций направлены на достижение объема рынка, связанного с охраной окружающей среды, в размере 50 трлн японских иен и на создание 1,4 млн новых рабочих мест [Курс на зеленый рост, 2011]. Существенный рывок в сторону зеленого развития делает в настоящее время Китай: в 12-м пятилетнем плане (2011–2015 гг.) подробно прописаны шесть стратегических направлений, которые нацелены на продвижение страны на пути экологизации экономики.

Самостоятельное направление по созданию эффективного экологического сектора экономики в России впервые было сформулировано в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (2008). Целевыми показателями прогресса в этом направлении должен стать рост рынка экологического деvelopeмента, товаров и услуг в 5 раз и расширение занятости в этой сфере с 30 тыс. до 300 тыс. рабочих мест.

Общая проблема, стоящая перед отраслью, – слабое использование новых технологий предприятиями реального сектора экономики либо их использование в узком



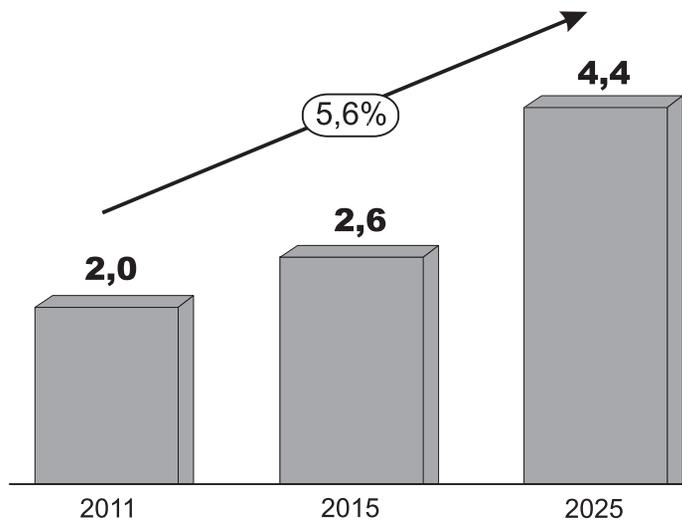


Рис. 4. Прогноз роста глобального рынка экологических технологий до 2025 г. (в триллионах евро, средний годовой рост – в процентах). *Источник: GreenTech made in Germany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland (2012)*

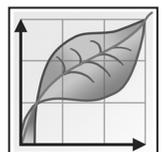
сегменте при непосредственной государственной поддержке. Прорывным фактором в экологической сфере может стать введение системы наилучших доступных технологий (НДТ), то есть использование предприятиями экономически доступных и экологически обоснованных приемов и методов, направленных на внедрение ресурсосберегающих и безотходных производств. Предлагается стимулирование предприятий освобождением от НДС на срок технико-технологического перевооружения основных производственных фондов, обеспечивающих энергоэффективность и ресурсосбережение.

Значимой проблемой развития российского рынка является низкий уровень частной инициативы и сильное государственное регулирование, а также высокая доля государственных организаций. Так, ослабление природоохранного законодательства в России в 2000-е гг. оказалось выгодным для тех компаний, которые использовали устаревшее оборудование и менее эффективные «грязные» технологии. Перспективные рынки зависят от внешней конъюнктуры и общего уровня социально-экономического развития, так как при наступлении кризисных ситуаций предприятия отказываются в первую очередь от использования сторонних инновационных услуг и продуктов.

Поскольку зеленые технологии более дорогие, внедрение экоиноваций в экономику требует усилий со стороны государства в части экономического стимулирования бизнеса (что уже делается, например, в сфере развития технологий экологически безопасной утилизации и переработки отходов). При благоприятной экономической конъюнктуре крупнейшие предприятия («Русал», Группа ГАЗ, «Лукойл», НЛМК и др.) провели модернизацию основных фондов и начали внедрять системы экологического контроля, что в ряде случаев стало для компаний фактором существенной экономии за счет применения ресурсосберегающих технологий [Vikhanskiy, et al., 2012]. Зеленые инновации и экологические решения должны занимать значимое место и при формировании новых государственных программ. В настоящее время отмечается быстрый рост конкурентоспособности зеленых технологий, и их внедрение может способствовать повышению энергетической эффективности и снижению ресурсоемкости экономики.

На базе экспертных исследований выявлены три группы **перспективных рынков для приоритетного направления «Рациональное природопользование»** и соответствующих им продуктовых сегментов:

- 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; 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).

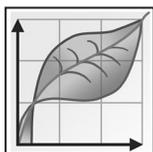
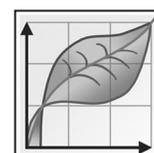


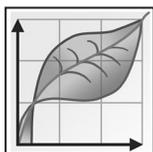
Табл. 1. Перспективные рынки и продуктовые группы приоритетного направления «Рациональное природопользование»

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 оправданности, 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>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 современ-</p>	<p>Повышение эффективности контроля загрязнения атмосферы и раннего обнаружения условий, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций</p> <p>Сокращение экономических потерь от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p> <p>Повышение безопасности производственных, энергетических, жилых и инфраструктурных объектов</p>



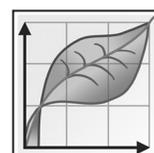
Продолжение табл. 1

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	менных представлений о процессах их подготовки и развития	Повышение прогностических способностей систем раннего обнаружения катастроф Увеличение охвата мониторинга
Кадастры территорий и акваторий	Кадастры территорий и акваторий с наибольшим уровнем природного и техногенного риска	Повышение эффективности управления состоянием территорий и акваторий Повышение точности и детальности кадастровых схем
Геоинформационные системы	Программное обеспечение для супервычислений и систем хранения информации для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем Специализированные пакеты обработки данных дистанционного зондирования Земли Веб-сервисы (геопорталы), работающие в онлайн-режиме	Повышение оправдываемости прогноза погоды и достоверности оценок будущих климатических изменений Накопление данных наблюдений, имеющих высокую точность и пространственное разрешение Сокращение затрат на получение и обработку информации в отраслях, связанных с освоением природных ресурсов, на транспорте, в природоохранной деятельности
Базы данных о состоянии окружающей среды	Библиотеки данных о многолетнем состоянии компонентов природной среды 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 Базы данных о природных и техногенных катастрофах, текущих наблюдениях состава атмосферы, сейсмических и геофизических полях	Повышение качества информации для принятия управленческих решений Повышение оперативности и достоверности информации о состоянии окружающей среды
Методики управления рисками чрезвычайных ситуаций	Методики управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях, в том числе в покрытых льдом районах 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 Методы неразрушающего контроля	Сокращение экономических потерь и экологического ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера
Методики управления качеством окружающей среды	Методики оптимизации территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом территории Методики сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (включая особо охраняемые природные территории) Методики оценки состояния и динамики ресурсов водных и наземных экосистем, восстановления ресурсного потенциала	Повышение эффективности мероприятий по сохранению биоразнообразия Улучшение среды проживания населения



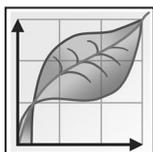
Продолжение табл. 1

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	территории с высокой антропогенной нагрузкой (почвы, водных и биоресурсов)	
Услуги в области экологического мониторинга	Услуги в области экологического мониторинга	<p>Повышение эффективности контроля состояния окружающей среды</p> <p>Повышение эффективности предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду</p> <p>Оптимизация принятия решений в системе государственного экологического надзора на федеральном и региональном уровнях</p>
Услуги в области гидрометеорологии	Услуги в области гидрометеорологии	<p>Эффективное краткосрочное прогнозирование гидрометеорологических процессов и явлений</p> <p>Повышение оперативности предупреждения об опасных гидрометеорологических явлениях</p>
Работы по моделированию климата и опасных гидрометеорологических процессов	Работы по моделированию климата и опасных гидрометеорологических процессов	<p>Возможности для адаптации населения и инфраструктуры к изменениям климата</p> <p>Сокращение экономических потерь от опасных гидрометеорологических процессов</p>
Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	Услуги по прогнозированию чрезвычайных ситуаций и методики управления риском их возникновения	<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	Системы освоения месторождений, основанные на комбинированных физико-технических и физико-химических технологиях, совместно выполняющих общую	Повышение уровня извлечения полезных ископаемых (в том числе углеводородов)



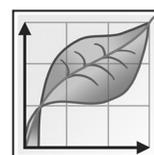
Продолжение табл. 1

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
	<p>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>Системы утилизации попутного нефтяного газа</p> <p>Оборудование по вовлечению в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.</p>	<p>Снижение ресурсо- и энергоемкости добычи</p> <p>Повышение экологической безопасности предприятий добывающей промышленности</p>
Оборудование и материалы для повышения эффективности переработки полезных ископаемых	<p>Системы селективной дезинтеграции</p> <p>Системы предварительной концентрации полезного компонента</p> <p>Системы комплексной и глубокой переработки минерального сырья</p>	<p>Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов их переработки</p>
Поиск и разведка полезных ископаемых	Поиск и разведка полезных ископаемых	<p>Повышение эффективности разведки полезных ископаемых</p> <p>Сокращение экономических издержек при поиске полезных ископаемых</p>
Добыча полезных ископаемых	Добыча полезных ископаемых	<p>Повышение уровня извлечения полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение энергосбережения</p> <p>Повышение экологической безопасности</p>
Обогащение и переработка полезных ископаемых	Обогащение и переработка полезных ископаемых	<p>Повышение степени переработки полезных ископаемых (в том числе углеводородов)</p> <p>Повышение эффективности транспортировки полезных ископаемых и продуктов переработки</p> <p>Сокращение объема отходов добывающей промышленности</p>
Оборудование и инфраструктура для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера	<p>Мобильные и стационарные комплексы для очистки территорий, внутренних и морских акваторий от углеводородных (нефтяных) загрязнений</p> <p>Комплексы оперативно-диспетчерского управления и различных средств ведения спасательных работ и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций</p>	Снижение негативных последствий чрезвычайных ситуаций



Продолжение табл. 1

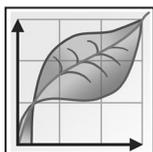
Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Системы газоочистки и детоксикации воздушной среды	<p>Специальные материалы, катализаторы, поглотители для систем фильтрации воздуха</p> <p>Оборудование для экономически эффективного и экологически безопасного обезвреживания токсичных веществ 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>
Оборудование для рекультивации природных сред	Системы обеспечения экологической безопасности и рекультивации полигонов, объектов обращения с отходами производства и потребления (включая особо токсичные), свалок, хвостохранилищ, территорий и акваторий, в том числе загрязненных нефтью и нефтепродуктами, химическими и радиоактивными веществами	Повышение эффективности возвращения нарушенных земель в хозяйственный оборот
Вторичное сырье и готовая продукция на основе переработки отходов и стоков	<p>Сырье и продукция на основе переработки твердых бытовых отходов</p> <p>Сырье и продукция на основе отходов добычи и переработки полезных ископаемых</p> <p>Удобрения из осадков сточных вод</p> <p>Очищенная вода для промышленных, сельскохозяйственных и других нужд</p>	<p>Снижение ресурсоемкости производства</p> <p>Снижение негативного воздействия на окружающую среду</p>



Окончание табл. 1

Рынки	Группы инновационных продуктов и услуг	Характеристика
Экологически чистые материалы и продукты	Продукция органического сельского хозяйства Строительные материалы с новыми свойствами (в том числе энергосберегающие)	Улучшение здоровья и качества жизни населения, снижение уровня заболеваемости, вызванной использованием синтетических продуктов питания 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
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

Из приведенного в табл. 1 перечня, насчитывающего свыше 60 продуктовых групп, эксперты отобрали ряд продуктов и услуг, способных в долгосрочной перспективе оказать радикальное влияние на рынки по направлению «Рациональное природопользование». К ним можно отнести инновации, которые оказывают значительное воздействие на рынок и активность фирм на этом рынке [Oslo Manual, 2005] за счет кратного улучшения технико-экономических показателей; наличия принципиально нового свойства,



недоступного для других продуктов или услуг; кардинальной трансформации существующих рынков; влияния на создание новых рынков; вклада в решение глобальных социально-экономических, экологических и других проблем:

- системы дистанционного мониторинга окружающей среды при помощи космических спутниковых систем;
- долгосрочные прогнозы погоды с уровнем оправдываемости, превышающими климатические прогнозы, с большой заблаговременностью;
- мезомасштабные модели для получения расширенного состава прогнозируемых опасных гидрометеорологических явлений;
- системы диагностики состояния природных и опасных техногенных систем;
- методы прогнозирования природных и техногенных катастроф и их последствий;
- веб-сервисы (геопорталы);
- кадастры, разрабатываемые на базе геоинформационных систем;
- методики оптимизации территориального планирования;
- системы и методы увеличения коэффициента извлечения нефти, включая изменение коллекторских свойств пластов;
- оборудование по вовлечению в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья;
- системы предварительной концентрации полезного компонента;
- системы комплексной и глубокой переработки минерального сырья;
- очистные системы нового поколения;
- оборудование для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки и утилизации коммунальных отходов с получением вторичного сырья и готовой продукции;
- оборудование для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки отходов производства с получением изделий и материалов.

Ожидаемые сроки массового распространения инновационных продуктов и услуг, оказывающих радикальное влияние на динамику мировых рынков, отображены на рис. 5 (цветная вклейка). Их краткая характеристика представлена в разделах, посвященных соответствующим рынкам.

3.2. Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды

Научно-технологическое развитие в рамках данного рынка предполагает создание перспективных разработок для мониторинга, оперативной оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, эффективного обнаружения и прогнозирования опасных природных явлений, аварий и катастроф природного и техногенного характера, последствий изменения климата. Развитие рынка технологий и услуг нацелено на сохранение благоприятной окружающей среды, обеспечение экологической безопасности и улучшение качества жизни населения. Основные сегменты рынка представлены на рис. 6.

Полученные экспертные оценки свидетельствуют о том, что наибольшие объемы этого рынка до 2020 г. будут связаны с развитием следующих сегментов (приведены по мере убывания прогнозируемых объемов рынка):

- программное обеспечение и ГИС;
- кадастры территорий/акваторий на основе ГИС;
- гидрометеорологические наблюдения и прогнозы;
- системы и услуги в области экологического мониторинга, в том числе на базе автоматизированных систем контроля окружающей среды;
- системы прогнозирования и раннего обнаружения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- моделирование климата и опасных природных процессов.

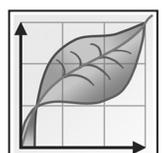
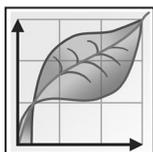




Рис. 6. Основные сегменты и инновационные продукты рынка «Мониторинг и прогнозирование состояния окружающей среды»

Стремительными темпами как в мире, так и в России развивается **сегмент геоинформационных систем и программного обеспечения**. Крупный перспективный рынок связан со специализированными пакетами обработки данных дистанционного зондирования. В России, по оценкам ГИС-Ассоциации, эти рынки растут темпами выше 10% в год. Основными продуктами на указанном рынке являются:

- программы передачи, обработки и хранения данных мониторинга;
- ПО для супервычислений и систем хранения информации для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем;
- специализированные пакеты обработки ДДЗ;
- ПО для географических информационных систем;



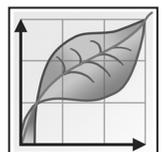
- веб-сервисы (геопорталы);
- карты и атласы.

В перспективе будет расти интерес к ГИС-технологиям со стороны государственных структур (в том числе региональных) как эффективному инструменту управления, а также инфраструктурной основе комплекса информационных сервисов и государственных услуг, предоставляемых в электронном виде. Технологии все активнее будут внедряться в нефте- и газодобывающих, телекоммуникационных и энергетических компаниях, в розничном секторе. Многие образовательные учреждения заинтересованы в создании своих ГИС-порталов и ГИС-приложений. Российские компании все больше представляют конкурентоспособные продукты и услуги в сфере ГИС-технологий и ПО на внутреннем рынке и за рубежом. Перспективы развития российских компаний на мировых рынках связаны с осуществлением целенаправленной политики государства по совершенствованию информационного обеспечения систем управления. Крупный государственный заказ, подобный заказам, существующим за рубежом, смог бы стать основным драйвером развития рынка, что привело бы к формированию в России глобальных компаний.

Важнейший инновационный продукт в этом сегменте – **геопорталы**. Геопортал – набор веб-сервисов (загрузки, визуализации, редактирования, трансформации, анализа и т.п.), реализуемых на базе свободного доступа к геопространственной информации. В России развиваются общенациональные (геопортал инфраструктуры пространственных данных РФ), ведомственные (геопорталы РЖД и МЧС), региональные (например, геопортал Воронежской области) и локальные геопорталы. Создание геопорталов на региональном и общероссийском уровнях позволит реализовать ряд услуг и сервисов, оказываемых населению органами государственной исполнительной власти и муниципального управления. Кроме того, геопорталы решают проблемы инвестиционной открытости и прозрачности регионов, так как позволяют потенциальному инвестору напрямую получать информацию об имеющихся ресурсах и инвестиционных площадках различного типа (гринфилды, браунфилды и т.д.). Еще одно важное свойство геопорталов – «саморазвитие сервисов». Так, региональные геопорталы зачастую решают задачу слежения за государственным муниципальным транспортом, что приводит к накоплению данных о средних скоростях движения по автомобильным дорогам и, в свою очередь, облегчает поиск средств оптимизации использования дорожной сети. Влияние геопорталов на рынок напрямую связано с интеграцией ГИС-средств на современные носители как профессиональные, так и любительские – от сотовых телефонов до планшетных компьютеров. Для развития сегмента геопорталов необходимо снятие беспрецедентного режима секретности с исходных картографических материалов и снимков высокого разрешения, а также приведение государственных систем координат к единому стандарту, отказ от использования местных и региональных систем координат.

Сегмент кадастровой оценки земель и сопутствующих услуг представляет собой наиболее сложно оцениваемый рынок. В России используются отраслевые (ведомственные) и общерегиональные (территориальные) кадастры. Объектом кадастрового учета в настоящее время является вся территория и акватория Российской Федерации, а также ее недра. Фактически это формирует обширный (условно неограниченный) рынок для наукоемкой деятельности (кадастры городов и муниципальных образований, производственных объектов и прилегающих территорий в зоне их воздействия, районы распространения неблагоприятных и опасных природных явлений, морские акватории). Основной продуктовой группой является оборудование для проведения современных топографо-геодезических, картографических, геоботанических и других специальных исследований. Вторая важнейшая продуктовая группа связана с проведением океанологических работ на акваториях прибрежных морей и океанов.

К инновационным продуктам относятся кадастры **территорий, разрабатываемые на базе ГИС**. Все кадастры (каталоги сведений о количественном и качественном состоянии природных ресурсов, их экономической, экологической оценке и социальном значении, а также о составе и категориях пользователей) содержат пространственные данные, однако при существующем порядке накопления и хра-

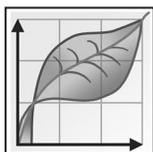


нения информации их «пространственность» практически не задействована в процедурах оказания услуг. Ведение кадастров на основе ГИС не только ускоряет время оказания сервиса, но и открывает широкие аналитические возможности. Разработка и внедрение такого продукта станет драйвером развития службы государственных и муниципальных сервисов в принципиально новой среде, что принесет значимый экономический эффект (радикальное расширение налогооблагаемой базы, оптимизация систем землепользования) и будет способствовать улучшению инвестиционного климата в регионах России.

Сегмент гидрометеорологических наблюдений и прогнозов. В 2010 г. была утверждена «Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата)». До 2020 г. прогнозируется как увеличение государственного заказа на расширение наблюдательной сети¹⁰, закупку нового оборудования, проведение научных исследований в сфере мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, так и увеличение рынка частных услуг, который приведет к росту спроса на гидрометеорологическое оборудование. Перспективный рынок гидрометеорологических услуг, в том числе прогнозов опасных гидрометеорологических явлений, в России будет развиваться стабильными темпами порядка 7–8%. Необходимость получения точных метеопрогнозов компаниями и организациями увеличивается с усилением конкуренции на рынках в результате вступления России в ВТО, увеличением зарубежных инвестиций, ростом нестабильности изменений природной среды. В настоящее время потребности частного рынка составляют менее 10% от государственного сектора. Улучшение показателей деятельности Росгидромета вместе с модернизацией сети мониторинга улучшает достоверность прогнозов, а соответственно, и их востребованность, поэтому перспективным является формирование частного рынка прогнозов.

К инновационным продуктам относятся **долгосрочные прогнозы погоды с уровнем оправдываемости, превышающим климатические прогнозы, и большой заблаговременностью.** При увеличении надежности они будут играть все возрастающую роль в экологическом прогнозировании (прогнозы комфортности и прогнозы опасных явлений) и экономическом планировании (прогнозы объемов природных ресурсов, воспроизводство которых зависит от климатических условий, воздействий на климатически зависимые отрасли экономики, климатически обусловленных экономических рисков и др.). Для получения долгосрочных прогнозов погоды (на месяц и сезон) необходимо развитие глобальных моделей; развитие системы мониторинга (в том числе спутниковых методов) климатической системы и системы четырехмерного усвоения данных для генерации полей начальных данных при решении задачи прогнозирования погоды на длительные сроки; разработка более совершенных суперкомпьютеров (это позволит, в частности, генерировать прогностический ансамбль большего объема). Важны также глубокие фундаментальные исследования, направленные на понимание возникновения сложного поведения циркуляционных систем геофизической гидродинамики.

Мезомасштабные модели для получения расширенного состава прогнозируемых опасных гидрометеорологических явлений способствуют совершенствованию кратко- и среднесрочного прогнозирования, в том числе опасных атмосферных явлений. Мезомасштабные модели, реализованные для ограниченных территорий, представляют собой важнейшее средство детализированного прогнозирования метеорологических полей различных величин (температура, влажность, давление, осадки, ветер). На их основе производятся прогнозы гидрометеорологических опасных явлений (штормовые скорости ветра, сверхбольшие, штормовые нагоны, наводнения, лавины и др.). Обслуживание системы мезомасштабных моделей требует суперкомпьютерного сопровождения, развитых сетей связи, систем сбора метеорологической информации и информации о состоянии подстилающей поверхности.



¹⁰ Количество пунктов основных гидрометеорологических наблюдений составляет от 74 до 85% от минимально необходимого количества, рассчитанного с учетом рекомендаций ВМО.

Сегмент программного обеспечения для супервычислений и систем хранения информации для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем является производным от рынка суперкомпьютеров, который растет в России высокими темпами (30% в 2011 г.), и рынка гидрометеорологических и климатических моделей, который в мире растет схожими темпами, в России же он отличается высокой волатильностью. Мощности российских суперкомпьютеров увеличиваются стремительными темпами: в 2009 г. они удвоились благодаря суперкомпьютеру «Ломоносов» в МГУ имени М.В. Ломоносова, что создает возможности для применения сложных моделей.

Мировая тенденция развития суперкомпьютерного моделирования глобальной циркуляции атмосферы и океана такова, что постепенно в мире остается все меньше центров, проводящих такие исследования. Это связано с тем, что прогностические продукты, вырабатываемые организациями-лидерами, доступны большинству стран, поэтому во многих из них отказались от конкуренции (в некоторых случаях исследования выполняются в рамках консорциумов).

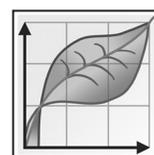
Сегмент экологического мониторинга окружающей среды будет расти вместе с ужесточением природоохранного законодательства, развитием социальной ответственности бизнеса и рынка экологических услуг. На расширение наблюдательной сети, закупку нового оборудования, проведение научных исследований в сфере мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды предусмотрено увеличение государственного финансирования с 8,6 млрд руб. в 2012 г. до 11,2 млрд руб. в 2020 г. Переоснащение сети мониторинга окружающей среды в соответствии с параметрами плотности сети, рекомендуемыми ВМО к 2020 г., потребует существенного увеличения производства усовершенствованных систем мониторинга. По данным Росгидромета, количество постов наблюдения за загрязнением окружающей среды составляет 47% от рекомендуемого значения, поверхностных вод – 76% [Обзор деятельности Росгидромета, 2011]. Кроме того, вырастет сегмент автоматических и передвижных систем экологического контроля, которые используют на удаленных месторождениях крупные газо- и нефтедобывающие компании.

Рынок систем экологического мониторинга в перспективе должен покрывать практически всю освоенную территорию страны, так как оборудование для экологического контроля состояния окружающей среды необходимо для большинства отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, энергетики, транспорта и ЖКХ. Кроме того, оборудование для мониторинга используется на объектах с особым природоохранным режимом (заповедники, морская акватория, водные объекты, горные территории и т.д.).

Основные конкурентные преимущества российских разработчиков на рынке систем экологического мониторинга заключаются в наличии центров фундаментальных исследований, значительной научно-производственной базы, в возможности значительного государственного заказа. Перспективные сегменты рынка для российских производителей в средне- и долгосрочной перспективе:

- тестовые приборы;
- автоматизированные станции;
- зонды и оборудование для спутников ДЗЗ;
- системы мониторинга на воздушных судах;
- оборудование для анализа и контроля микро- и наночастиц.

К перспективным инновационными продуктам можно отнести **системы дистанционного мониторинга при помощи космических спутниковых средств**. Они обеспечивают существенное увеличение эффективности и оперативности контроля состояния природной среды, техногенно-нарушенных территорий и наземных объектов, динамики его показателей на основе новых высокоэффективных систем и технологий спутникового и радиолокационного мониторинга, получения и обработки данных, а также геоинформационных и аналитических приложений. Основные тенденции развития технологий – применение малых спутников для оперативной съемки, создание наземных комплексов приема и обработки ДДЗ, автоматизиро-



ванных программно-технологических комплексов, развитие облачных вычислений и онлайн-сервисов доступа к ДДЗ, программных комплексов, систем и решений для фотограмметрической и тематической обработки и анализа данных дистанционного зондирования. Их развитие необходимо для информационно-аналитического обеспечения работы федеральных и региональных органов исполнительной власти, а также коммерческих компаний, в том числе для оптимизации нагрузок на природную среду за счет внедрения технологий специализированного информационного обеспечения конкретных потребителей, а также как средство повышения эффективности государственного экологического контроля и надзора.

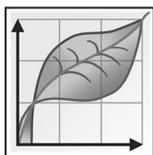
Еще одна инновационная продуктовая группа в рамках данного сегмента представлена **оборудованием для анализа и контроля микро- и наночастиц**. Стоимость установки одного прибора может достигать десятков миллионов рублей, а оснащение лаборатории – сотен миллионов. В России имеется лишь несколько десятков центров, где установлено подобное оборудование, и лишь несколько из них используются для анализа загрязнения окружающей среды. Рынок этого оборудования будет расти в случае увеличения финансирования фундаментальных научных разработок государством и НИОКР – крупными корпорациями, при этом мировой рынок (как часть рынка оборудования для нанотехнологий) достигает сотен миллионов долларов США. Потребителями подобного оборудования выступают крупные научные центры, а также крупные корпорации (АФК «Система», ОАО «РОСНАНО» и др.).

Сегмент прогнозирования и раннего обнаружения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера можно разделить на два основных блока: 1) методики оценки, диагностики и предупреждения природных и техногенных рисков, услуги по прогнозированию; 2) методики управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях, в том числе в покрытых льдом районах.

Основным заказчиком работ в области прогнозов и систем раннего обнаружения чрезвычайных ситуаций природного характера выступает МЧС, исполнителем – Росгидромет. Системы и услуги по прогнозированию природных рисков наиболее востребованы в Южном, Северо-Кавказском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Рынок систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера преимущественно связан с системами оповещения МЧС, деятельностью Ростехнадзора и сконцентрирован в регионах с развитыми, но устаревшими технологическими системами (крупные промышленные центры Центральной России, Поволжья, Урала и др.).

Развитие систем диагностики состояния природных и опасных техногенных систем на основе нового оборудования приведет к созданию новых рынков в области приборостроения и программного обеспечения. Рынок представлен как научными методиками, так и информационно-аппаратными системами для функционирования территориальных автоматизированных систем централизованного оповещения, локальных систем оповещения (ЛСО), систем противопожарной безопасности, автоматизированных систем контроля уровня загрязнения на предприятиях, системах защитных дамб и сооружений. Потребителями выступают местные администрации, МЧС и компании с высокими техногенными рисками. В среднем применение методик оценки и предупреждения чрезвычайных ситуаций составляет от 1 до 5% от потенциального ущерба, и этот рынок с увеличением интенсивности природных и техногенных ЧС будет расти.

Системы диагностики состояния природных и опасных техногенных систем – необходимое условие для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, так как они позволяют определить критическое состояние, переход через которое вызовет возникновение ЧС. Системы диагностики включают не только приборную базу и оборудование, но и средства обработки и визуализации результатов, полученных на основе натуральных контактных и бесконтактных наблюдений, дистанционных измерений и спутниковой информации. Применение комплексных систем позволит сократить время и увеличить точность диагностики, как результат – в значительной степени снизить экономический ущерб, в том числе при реализации крупных инфраструктурных проектов, а также риски для населения.



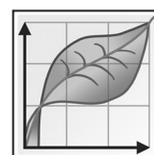
Разработка новых **методов прогноза природных и техногенных катастроф и их последствий** на основе данных наблюдений и современных представлений о процессах их подготовки и развития позволит сократить экономические потери от чрезвычайных ситуаций, уменьшить число пострадавших. Например, методики на основе ГИС-технологий позволяют проводить оперативный сбор данных (космические снимки, геофизические измерения и др.), анализировать признаки подготовки 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 космические снимки с периодичностью не реже 15–30 мин, с охватом территории не меньше 2000×2000 км и пространственным разрешением около 0,5–1 км.

Методики и технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений будут развиваться в связи с принятым в 2013 г. законом, в соответствии с которым предусмотрены льготные ставки по налогу на добычу полезных ископаемых (НДПИ) от 30% стоимости сырья для базовых до 5% для арктических шельфовых проектов. В настоящее время эффективных технологий борьбы с разливами нефти в ледовых условиях не существует. В то же время соблюдение плана по противодействию возможным разливам в обязательном порядке входит в корпоративные программы по экологии и промышленной безопасности работы на шельфе. Эксперты в этой области полагают, что риски могут быть снижены за счет использования донных нефтедобычных комплексов вместо плавучих платформ.

Растущий, но недооцененный инновационный сегмент рынка образуют **методики управления качеством окружающей среды, в том числе оптимизации территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом территории**. Внедрение ландшафтного планирования в процедуру территориального (пространственного) планирования в России позволит перейти к оптимизации городской среды и уходу от депрессивных сценариев развития сельской местности за счет «запуска» экономики экосистемных услуг. Методика включает ГИС-алгоритмизацию ландшафтного картографирования, разработку общепринятых классификаторов для разных масштабных уровней, содержательное ГИС-моделирование основных стадий ландшафтного планирования – инженерно-геоэкологической оценки территории, оценки емкости (уязвимости, резистентности) ландшафтов, расчет системы экосистемных услуг, компоновку экологического каркаса и проектирование региональных туристско-рекреационных зон.

Отдельные перспективные продукты и услуги имеют разные рыночные ниши. Некоторые из них могут внедряться в массовое производство, а некоторые будут производиться в ограниченных масштабах как штучная продукция. К перспективным рыночным продуктам и услугам **массового производства** можно отнести:

- тестовые приборы для мониторинга состояния вод, воздуха, почв;
- автоматизированные станции экологического контроля;
- автоматизированные гидрометеостанции;
- системы мониторинга на воздушных и морских судах;
- гидрометеорологические прогнозы разной заблаговременности;
- прогнозы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, включающие в себя системы раннего обнаружения и прогнозирования ЧС;
- прогнозы состояния криосферы, ландшафтов и биосферы, а также допустимого антропогенного воздействия на них с использованием данных дистанционных (космических и др.), почвенных, геофизических и геохимических исследований;
- системы сохранения и восстановления редких и находящихся под угрозой исчезновения видов и экосистем, в том числе расположенных в районах разработок и транспортировки продуктов нефтегазового комплекса РФ;



- проблемно ориентированные информационно-аналитические системы компонентов природной среды.

К перспективным рыночным продуктам и услугам *немассового производства* можно отнести:

- программное обеспечение для супервычислений и систем хранения информации для моделирования и прогноза климата, состояния экосистем;
- математические модели климата (включая модели общей циркуляции атмосферы и океана);
- прогнозы глобальных и региональных изменений климата;
- отраслевые модели (гидрологические, гляциологические, экологические, прогноза опасных природных явлений и пр.);
- зонды и оборудование для спутников;
- оборудование для анализа и контроля микро- и наночастиц;
- методики управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях;
- методики территориального планирования.

3.3. Предотвращение и ликвидация загрязнения окружающей среды, а также последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Рынок охватывает продукты/услуги в области минимизации негативных последствий хозяйственной деятельности для окружающей среды и снижения социальных, экономических и экологических потерь от природных и техногенных катастроф, а также восстановления природно-ресурсного потенциала регионов России. Сегментация рынка представлена на рис. 7.

На основе экспертных оценок выявлены наиболее динамично развивающиеся сегменты данного рынка до 2020 г. Наибольшие объемы будут связаны с развитием следующих сегментов (приведены по мере убывания прогнозируемых объемов рынка):

- системы водоочистки и повторного использования воды;
- услуги в области экологически безопасного обращения с отходами;
- оборудование и инфраструктура для ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера;
- услуги по водоочистке и рециклингу воды;
- системы газоочистки и детоксикации воздушной среды;
- экологически чистые материалы и продукты;
- вторичное сырье и готовая продукция (на основе переработки отходов и стоков);
- услуги по рекультивации, санации и восстановлению земель.

Сегмент систем водоочистки и повторного использования воды распространен практически во всех крупных городах страны. Рынок разделен на два крупных продуктовых сегмента: первоначальной очистки вод для потребления (водоподготовка) и вторичной очистки канализационных стоков (водоотведения). Спрос со стороны населения и более жесткие экологические нормы приведут к значительному росту рынка как систем водоочистки, так и услуг в данной области. Системы водоочистки включают в себя оборудование для очистки сточных вод, установки по обеззараживанию воды, фильтры, химические реактивы, сорбенты и т.д. Российские компании широко представлены на рынке реагентов и абсорбентов, но проигрывают конкуренцию за готовые решения в сфере водоочистки (например, комплексные системы водоочистки). Существует угро-

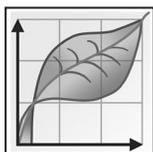
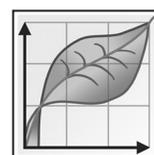




Рис. 7. Основные сегменты и инновационные продукты рынка «Предотвращение и ликвидация загрязнения окружающей среды, а также последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

за потери компетенций и вытеснения российских производителей, которая может быть преодолена путем ужесточения экологического законодательства. Доля услуг по водоочистке в сегменте систем водоочистки превышает 30%. Рынок услуг по водоочистке и рециклингу воды представлен во всех крупных поселениях страны и контролируется преимущественно водоканалами и частными предприятиями ЖКХ.

Инновационными продуктами являются биологические и ультрафиолетовые системы очистки, а также нанотехнологические разработки, применяемые в водоподготовке и водоочистке. **Очистные системы нового поколения** основаны на применении наноматериалов в мембранных технологиях, включающих в себя баромембранные, электромембранные процессы, технологии мембранных биореакторов и мембранную дегазацию. Кроме того, внедрение нанотехнологий может значитель-



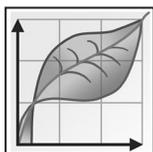
но повысить эффективность некоторых традиционно используемых в водоочистке технологий (коагуляция, сорбция, флотация). Мембранные нанотехнологии получат широкое распространение в водоподготовке для промышленности, особенно в атомной и тепловой энергетике, в радиотехнической промышленности и микроэлектронике, в химической, пищевой промышленности и биотехнологиях, а также в сфере ЖКХ. Доступность технологий и перспективы оптимизации размеров и увеличения мобильности существующих очистных комплексов приведут в долгосрочной перспективе к решению проблемы нехватки питьевой воды в ряде регионов. Повысится эффективность применения замкнутого цикла воды в промышленности.

Сегмент оборудования для утилизации, переработки и захоронения отходов представлен на всей обжитой территории страны, но сконцентрирован в крупнейших городских агломерациях. Ежегодно в России образуется около 200 млн т промышленных (без учета отходов, возникающих в результате добычи полезных ископаемых) и порядка 40 млн т твердых бытовых (муниципальных) отходов. По экспертным оценкам, в год на каждого городского жителя образуется 300–400 кг мусора и более. Потребителями данного оборудования выступают компании, оказывающие услуги мусоропереработки, захоронения отходов и т.д.

Потенциально в переработку могут быть вовлечены 30–40% коммунальных отходов. В странах Евросоюза этот показатель достигает 42% с учетом компостирования органики [Джексон, Уоткинс, 2013]. В Японии – мировом лидере в этой сфере – во вторичные материалы перерабатывается 50% отходов. По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 г.», доля переработки промышленных отходов достигает 35%, ТБО – 4%. Поэтому перспективы роста внутреннего рынка значительны. Рост мощностей по обезвреживанию и переработке коммунальных отходов пока ничтожен. Производство серийного оборудования для массового выхода на рынки ограничено недостаточным спросом на отечественное оборудование в силу отсутствия индустрии обращения во вторичные ресурсы. Причина – низкая, зачастую отрицательная рентабельность переработки для бизнеса.

К инновационным продуктам относится **оборудование для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки отходов производства** с получением изделий и материалов, а также ценных компонентов. Экономический эффект от внедрения этого оборудования огромен: в перспективе оно позволит 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. На основе вторичной переработки отходов могут быть получены разнообразные материалы, в том числе композиционные, концентраты драгоценных и редких металлов, смазки и пасты, жидкие топливные фракции и т.д. Из трудно перерабатываемых фракций могут изготавливаться строительные материалы. Помимо этого, внедрение новых разработок будет способствовать снижению уровня загрязнения окружающей среды, в частности минимизации площадей под складирование и захоронение отходов на территориях промышленных предприятий, что может исключить риск попадания высокотоксичных соединений в грунты, сточные воды и атмосферу. Рынок переработки и утилизации отходов будет активно развиваться, соответственно, ожидается и рост рынка стройматериалов из вторичного сырья. Ключевой вопрос для продвижения данных технологий на рынке – их экономическая рентабельность.

Внедрение **оборудования для экологически безопасной и ресурсосберегающей переработки и утилизации коммунальных отходов с получением вторичного сырья и готовой продукции** позволит уменьшить количество «хвостов» (до 10–20%), отправляемых на захоронение, что резко сократит использование полигонов твердых бытовых отходов. Благодаря экологической безопасности современных технологий мусоросжигания также будет развиваться энергетическая утилизация отходов. Это может привести к снижению уровня загрязнения и негативного воздействия твердых бытовых отходов на окружающую среду, к уменьшению выбросов парниковых газов в глобальном масштабе и замещению части традиционного топлива. Ожидается также рост рынка стройматериалов из ТБО.



Изменение структуры рынка обращения с отходами будет происходить в сторону все большей их переработки для получения вторичных материальных ресурсов. Внедрение этих технологий будет сопровождаться сокращением площадей под складирование отходов производства и полигонов для захоронения ТБО, что вызовет рост объемов рынков оборудования и услуг по детоксикации и рекультивации земель и ландшафтно-планировочных работ. Ожидается рост количества рабочих мест и занятости в этих секторах.

В сегменте оборудования и инфраструктуры для ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера к инновационным продуктам можно отнести мобильные и стационарные комплексы для очистки территорий, внутренних и морских акваторий от углеводородных (нефтяных) загрязнений, а также материалы по абсорбции и разрушению углеводородов (биоразлагаемые сорбенты, наносорбенты, сорбирующие изделия, ассоциации микроорганизмов – деструкторов нефтепродуктов и т.д.). Данные продукты можно отнести к высокоперспективным благодаря освоению крупных углеводородных месторождений на шельфах Каспийского, Охотского, Баренцева и Карского морей, а также увеличению численности нефтетанкеров.

Судя по глобальным тенденциям увеличения числа природных и техногенных катастроф и ущерба от них (2012 г. – рекордный для США по совокупному годовому ущербу от стихийных бедствий), рынок работ по ликвидации последствий ЧС будет возрастать. МЧС и частные спасательные компании могут занять существенную долю рынка.

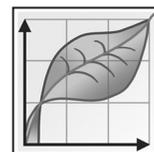
В рамках **сегмента систем газоочистки и детоксикации воздушной среды** инновационные продукты представлены экологически безопасными химическими веществами для очистки воздуха, специальными материалами и катализаторами, поглотителями для систем фильтрации. Рынок систем газоочистки следует разделить на сегмент промышленной газоочистки и технологий очистки воздуха для коммерческих организаций и населения. К последнему можно отнести системы кондиционирования и ионизирования воздуха в помещениях.

Данный рынок потенциально обширный, так как он представлен во всех крупнейших городах России и крупных промышленных центрах. В среднем по рынку порядка 10% занимают реагенты и абсорбирующие вещества, такой же объем у рынка услуг газоочистки. Российские производители освоили большую линейку производства сорбентов, разного класса фильтров, присадок для автомобилей, но обладают слабой конкурентоспособностью по сравнению с зарубежными сложными системами воздухоочистки, в том числе автономными и автоматизированными. Перспективным на рынке газоочистки является развитие систем ограничения выбросов парниковых газов для отдельных секторов. Инновационные продукты представлены экологически безопасными химическими продуктами для очистки воздуха, специальными материалами и катализаторами, поглотителями для систем фильтрации.

Общий объем рынка систем газоочистки связан с инвестициями в основной капитал, направленными на охрану атмосферного воздуха. Рынок в 2012 г. достиг 28 млрд руб., к 2020 г. может достичь 38 млрд руб.

Рынок вторичного сырья (на основе переработки отходов) является производным от рынка оборудования для утилизации, переработки и захоронения отходов. В наибольшей степени он будет развиваться в крупных агломерациях. Потребителями могут быть предприятия различных отраслей промышленности в зависимости от состава отходов. К основным потребителям вторичного сырья относятся стекольная, целлюлозно-бумажная, металлургическая промышленность. По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 г.», доля переработки промышленных отходов в России достигает сейчас 35%, а ТБО – в среднем 4%. На передовых предприятиях степень переработки намного выше: например, «Норильский никель» перерабатывает около 80% отходов. Общий объем накопленных не утилизируемых отходов составляет 82 млрд т, поэтому с существующими темпами роста рынок не достигнет стадии исчерпания ресурсов в ближайшее десятилетие.

Рынок вторсырья – один из наиболее перспективных в России. На рынке цветных



и черных металлов уже работает значительное количество иностранных компаний (из КНР, Турции, Германии и других стран). Многие российские компании ориентированы на экспорт продуктов переработки. Рынок будет развиваться устойчивыми темпами, поскольку формируется внутренний спрос на вторсырье.

Сегмент рынка экологически чистых продуктов и материалов включает следующие продуктовые сегменты: продукты питания; сертифицированная древесина, конкурентоспособная по экологическим требованиям; строительные материалы; биотопливо; удобрения.

Рынок экологически чистых материалов и продуктов в России сложился в ряде крупнейших городов, более обеспеченное население которых является основным потребителем подобных продуктов. Эксперты оценивают мировой рынок экологических товаров как весьма емкий (как минимум в размере 500 млрд долл.) и один из самых динамично растущих. Его ежегодный прирост составляет более 5%, в отдельных странах темпы прироста прогнозируются еще выше. В России рынок представлен преимущественно продукцией органического сельского хозяйства. Россия обладает значительным объемом природных ресурсов, которые могут быть задействованы в производстве экологически чистой продукции, в первую очередь это обширные сельскохозяйственные и лесные угодья. Уже сегодня ведется усиленная конкуренция на рынке органического сельского хозяйства с иностранными производителями. Ключевой угрозой для российских производителей экологически чистой продукции остается отсутствие системы экологической сертификации.

К перспективным рыночным сегментам **массового производства** относятся:

- системы водоподготовки и водоснабжения населения РФ, а также очистки и переработки продуктов коммунального водоотведения, промышленных стоков и дренажей;
- системы очистки отходящих газов промышленных и энергетических предприятий, коммунальных и бытовых энергетических установок, а также выхлопных газов транспортных устройств и мобильных энергетических установок от токсичных компонентов;
- системы, обеспечивающие безопасную утилизацию опасных техногенных образований и отходов, в том числе лечебно-профилактических учреждений;
- экологически чистые продукты и материалы.

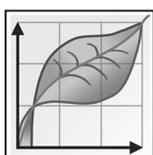
К перспективным рыночным сегментам **немассового производства** можно отнести:

- системы стерилизации воздушной среды;
- системы восстановления нарушенных земель, ландшафтов и биоразнообразия.

Разработка и внедрение инновационных технологий будут способствовать формированию и развитию рынка экологических услуг, увеличению занятости в этом секторе, созданию малых и средних предприятий, специализирующихся на оказании услуг в области переработки отходов, рекультивации загрязненных земель, экологических изысканий, консалтинга, экострахования и т.д.

3.4. Эффективное и рациональное воспроизводство и развитие минерально-сырьевой базы

Научно-технологическое развитие этого направления нацелено в первую очередь на эффективное функционирование и инновационное развитие минерально-сырьевого комплекса на базе создания новых технологий геологической разведки и добычи, в том числе трудноизвлекаемых и «остаточных» запасов. Новые технологии добычи и комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья позволят расширить ресурсную базу металлургических и химических производств, а также индустрии строительных материалов.



Острая необходимость использования инновационных решений в области добычи углеводородных ресурсов напрямую влияет на возникновение и развитие различных сегментов рынка. Произойдет расширение рынка новых материалов, химических реагентов и современного оборудования с привлечением научно-технических организаций, научно-испытательных и экспериментальных полигонов, нефтегазодобывающих компаний, а также предприятий машиностроительной, химической, транспортной и других отраслей экономики.

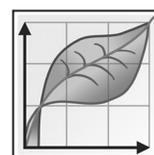
В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 года» наибольший подъем ожидается в нефтеперерабатывающей отрасли. Нефтегазоперерабатывающие компании активно проводят широкомасштабную модернизацию и технологическое перевооружение производств, реализуют проекты строительства современных установок нефте- и газопереработки, способных к выпуску продукции, соответствующей мировым экологическим стандартам качества и глубины переработки. С технологическими переменами сопряжены изменения в обслуживающих отраслях, в частности прогнозируется рост рынков оборудования для НПЗ, услуг по проектным и монтажным работам, обслуживанию и ремонту оборудования и пр.

Генерализованная сегментация данного рынка представлена на рис. 8.

Сегмент оборудования и материалов для проведения геологоразведочных работ. Интенсификация геологоразведочных работ должна быть основана не только и не столько на увеличении их общего финансирования, но прежде всего на внедрении инновационных методик проведения работ, модернизации приборной базы, создании новых



Рис. 8. Основные сегменты рынка «Эффективное и рациональное воспроизводство и развитие минерально-сырьевой базы»



технологий поиска и разведки полезных ископаемых, в том числе ориентированных на поиск новых, альтернативных источников того или иного вида минерального сырья. Все более актуальным становится прямой поиск полезных ископаемых на основе использования геофизических и геохимических методов. В то же время востребованными становятся и новые инновационные технологии проведения буровых работ, позволяющие повысить производительность и/или снизить стоимость бурения.

Рынок представлен геофизическим и буровым оборудованием, необходимым для разведки и поиска полезных ископаемых в сложных и нетрадиционных геологических условиях, для оценки продуктивности нефтеносных пластов и поиска зон возможного рудопроявления. Разрабатываются также технологии и оборудование для сверхглубокого бурения.

Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2008) задала пределы бюджетного финансирования ГРР на период до 2020 г. Предполагается, что 15% расходов на ГРР будет финансироваться из средств федерального бюджета, 85% – из средств недропользователей. На период с 2011 по 2020 гг. Программой предусматривается финансирование геологоразведочных работ объемом более 348 млрд руб. ежегодно (в ценах 2007 г.).

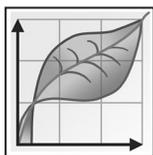
В структуре затрат на геологоразведочные работы абсолютно доминируют затраты на проведение полевых работ и обработку полученных в ходе полевых исследований данных. Доля затрат, приходящаяся непосредственно на оборудование, относительно невелика и испытывает периодические колебания, обусловленные постепенным устареванием и физическим износом оборудования.

Развитию российского рынка геофизического оборудования способствуют стремление к повышению точности и качества данных, получаемых геофизическими методами, и снижению трудозатрат и затрат времени на проведение съемочных работ, необходимость периодического обновления парка геофизического оборудования, срок службы которого составляет, как правило, 6–10 лет. Среди основных возможных тенденций развития этого рынка в ближайшие годы можно выделить увеличение спроса на беспроводные системы регистрации данных, рост спроса на виброисточники, более широкое внедрение технологий прямого поиска месторождений полезных ископаемых посредством комплексного использования геофизических методов и появление на рынке специально предназначенных для этого технологических комплексов.

Сегмент рынка разработки месторождений и добычи полезных ископаемых представлен оборудованием и материалами для повышения эффективности добычи полезных ископаемых. Здесь выделяются две продуктовые группы: оборудование и материалы для добычи углеводородного сырья (нефть, природный газ и т.п.) и оборудование и материалы для добычи твердых полезных ископаемых (уголь, руды и др.).

Сегмент нефтегазового оборудования может быть условно разделен на две главные составные части: буровое и промышленное (в том числе насосное) оборудование. Структура российского рынка нефтегазового оборудования отличается от общемировой. В целом по миру на буровое оборудование приходится более 46% всего объема рынка, а оставшиеся 54% – на промышленное оборудование, насосы, арматуру и прочее оборудование. В России же на буровое оборудование приходится лишь от 12 до 17% всего объема рынка, а до 60% рынка составляет промышленное оборудование [Агибалов, Кондратьев, Салихов, 2010]. Около 30% рынка буровых установок контролируется российскими производителями, и в дальнейшем можно ожидать увеличения их доли.

Объем российского сегмента нефтегазового промышленного оборудования составляет в настоящее время до 6–7 млрд долл. в год. В среднесрочной перспективе структура российского рынка нефтегазового оборудования будет постепенно меняться, приближаясь к структуре общемирового рынка. Общая структура затрат сместится в сторону бурового оборудования (в мире – 25–40% от всех затрат на нефтегазовое оборудование). Среди наиболее существенных инноваций, которые могут оказать значительное влияние на



развитие сегмента в целом, можно выделить ведущиеся ООО «Уралмаш НГО Холдинг» НИОКР по созданию тяжелых буровых установок нового поколения, позволяющих работать в условиях Арктики.

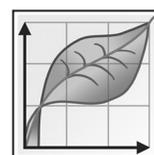
Сегмент оборудования и материалов для повышения эффективности добычи полезных ископаемых включает в себя следующие перспективные продукты:

- системы освоения месторождений, основанные на комбинированных физико-технических и физико-химических технологиях, позволяющие выполнять общую производственную программу в едином минерально-ресурсном и технологическом пространстве горных предприятий;
- системы освоения морских месторождений нефти и газа;
- системы, направленные на увеличение коэффициента извлечения нефти, применения методов увеличения нефтеотдачи, включая направленное изменение коллекторских свойств пластов, в том числе на истощенных месторождениях углеводородов и месторождениях низконапорного газа;
- системы утилизации попутного нефтяного газа;
- оборудование для вовлечения в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.

Основной рост можно ожидать на рынке технологий увеличения нефтеотдачи, причем в наибольшей степени это будет относиться к физико-химическим методам. В сегменте услуг по добыче горючих ископаемых большую долю рынка занимают нефтесервисные услуги в области высокоэффективной эксплуатации месторождений, в первую очередь бурение, а также текущий и капитальный ремонт скважин. Наряду с этим рынком будут расти рынки специального технологического оборудования и химических реагентов для реализации технологий повышения нефтеотдачи. Большой сегмент рынка придется на катализаторы. Перспективны рынки оборудования нефтепереработки, оборудования для небольших НПЗ.

Среди инновационных продуктов важное место занимают **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. Появление безотходных и энергосберегающих технологий повышения коэффициента извлечения углеводородов возможно в ближайшие 8–10 лет. Разработка новых технологических решений позволит дополнительно повысить коэффициент извлечения углеводородов на эксплуатируемых месторождениях и в перспективе довести его до 50% и более. Новые технологии помогут также вовлечь в разработку месторождения с трудноизвлекаемыми запасами, в том числе считающиеся в настоящее время отработанными. В долгосрочной перспективе это заметно продлит срок эксплуатации уже известных месторождений и на десятилетия отодвинет момент исчерпания промышленных запасов традиционного углеводородного сырья (по оценкам BP, при нынешних доказанных запасах и при сохранении современных объемов добычи нефти нефтяных ресурсов России хватит на 22 года) [BP Statistical Review of World Energy. June 2013]. Некоторые технологические решения будут направлены также на утилизацию промышленных выбросов углекислого газа.

Создание оборудования по вовлечению в разработку и добычу нетрадиционных источников сырья обеспечит условия для промышленного освоения новых источников углеводородов (газогидратов, сланцевого газа, тяжелой нефти и битуминозных песков, шахтного метана, метана высокогазоносных угольных пластов и др.). Технологические решения по экономически рентабельной добыче сланцевого газа и метана высокогазоносных угольных пластов будут все более активно внедряться в реальное производство уже в ближайшие годы. Внедрение технологий добычи газогидратов с большой долей вероятности начнется позднее. Применение этих технологий предопределяет многократное увеличение объема извлекаемых за-



пасов, расширение географии добычи, трансформацию рынка углеводородного сырья с повышением доли ресурсов, альтернативных традиционной нефти и природному газу. В будущем получит развитие рынок технологий переработки тяжелых нефтей, нефтяных фракций, природного и попутного газа и др.

Сегмент оборудования и материалов для повышения эффективности добычи твердых полезных ископаемых растет за счет увеличения объема инвестиций в основной капитал компаний, производящих оборудование для горнорудной промышленности. Сегмент отличается сложным внутренним устройством: в его рамках выделяются основные продуктовые группы, напрямую относящиеся к добыче полезных ископаемых: оборудование для добычи твердых полезных ископаемых открытым способом (экскаваторы, бульдозеры, карьерные погрузчики, карьерные самосвалы) и оборудование для шахтной добычи ТПИ (проходческие комбайны, буровые станки и перфораторы, подземное транспортное оборудование, в том числе конвейерное).

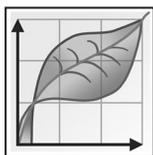
Сегмент оборудования и материалов для повышения эффективности переработки твердых полезных ископаемых представлен системами селективной дезинтеграции, системами предварительной концентрации полезного компонента, системами комплексной и глубокой переработки минерального сырья, а также эффективными фосфорсодержащими экстрагентами и сорбентами для извлечения актиноидов и лантаноидов. В России функционирует большое количество предприятий по переработке минерального сырья, нуждающихся в поставках современного оборудования для его дезинтеграции и глубокой переработки. К крупным разработчикам указанных выше технологий относятся предприятия и организации, связанные с горнодобывающей и химической промышленностью, металлургией.

В соответствии с Долгосрочной программой развития угольной промышленности России на период до 2030 года, утвержденной 24 января 2012 г., планируется провести масштабную технологическую реструктуризацию отрасли. Стратегические планы предполагают увеличение к 2030 г. угледобычи в России на 30%. На рынке технологий комплексов глубокой переработки угля и углехимии в настоящий момент в России предложен ряд инновационных проектов, готовых к масштабному внедрению в производство. Предусмотрено вложение более 10 млрд долл. США в процессы глубокой переработки угля (углехимию).

В перспективе получают распространение технологии глубокой переработки полезных ископаемых при минимальном воздействии на окружающую среду за счет применения экологически безопасных безотходных технологий.

Внедрение **инновационных 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. Ожидается снижение капитальных затрат и потребления воды на 15–20%, расхода реагентов и энергии на переработку минерального сырья на 30–50%. Производительность перерабатывающих и обогащающих комплексов повысится на 10–40%, значительно увеличится уровень извлечения полезного компонента. Станет возможной разработка новых доступных альтернативных источников минерального сырья, в том числе руд стратегических металлов, что в свою очередь приведет к его удешевлению, изменению географии стран – экспортеров и импортеров, росту конкуренции на рынке. Для России это важно в части обеспечения ресурсной безопасности для развития высокотехнологичных секторов и оборонной промышленности.

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.) для доведения уровня извлечения полезного компонента по отдельным видам полезных ископаемых до 60–90%. Важная технологическая задача – обогащение материала, содержащегося в техногенных отва-



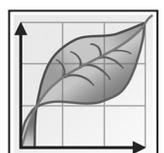
лах и хвостохранилищах, до промышленных концентраций полезного компонента. Дальнейшее развитие этих технологий создаст условия для увеличения промышленных запасов минерального сырья за счет введения в эксплуатацию месторождений с бедными рудами. Более широкое использование сплошной выемки полезных ископаемых 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.

Результаты экспертных опросов и проведенного анализа глобальных трендов и их влияния на Россию, основных угроз, окон возможностей со стороны науки и технологий, а также рынков были использованы для разработки проекта генерализованной дорожной карты «Развитие приоритетного направления “Рациональное природопользование”». Полученные результаты представлены на рис. 9 (цветная вклейка).

Визуальное представление проекта дорожной карты включает 5 основных слоев:

- глобальные тенденции развития направления;
- основные национальные вызовы и время их проявления;
- основные окна возможностей и время их проявления;
- ключевые рынки и их сегменты;
- инновационные продукты и услуги, которые могут в наибольшей степени оказать радикальное влияние на развитие направления в долгосрочном периоде.

Разработанный проект дорожной карты является базовым и может в дальнейшем (в соответствии с запросами профильной Технологической платформы или других организаций/компаний) детализироваться по отдельным рынкам, их сегментам и инновационным продуктам/услугам.



ГЛАВА 4. Перспективные направления научных исследований

4.1. Тематическая структура направлений

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. 10).



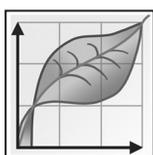
Рис. 10. Тематические области приоритетного направления «Рациональное природопользование». *Источник: Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 г. (2013)*

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 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.

Выявление областей исследований, обладающих максимальным потенциалом для формирования экономики будущего, – одна из ключевых задач 3-го цикла долгосрочного прогноза развития науки и технологий, реализованного в 2011–2013 гг.

Для выбора приоритетов прикладной науки, направленных на создание научно-технологических заделов, применялся ряд критериев. К приоритетным областям прикладной науки, направленным на создание научно-технологических заделов, были отнесены исследования, удовлетворяющие следующим критериям:



- 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;



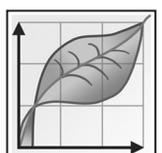
«лидерство» – российские исследователи являются лидерами на мировом уровне.

Для определения научно-технологических приоритетов в области рационального природопользования использовались как экспертные методы, так и независимые данные, основанные на результатах библиометрических исследований.

Исследование проводилось на основе библиометрического анализа реферативной базы данных издательства Elsevier *SciVerse Scopus*¹¹. Для анализа использовался перечень ключевых слов, наиболее точно характеризующий новые направления исследований и разработок на русском и английском языках, по которым были определены: 1) количество ссылок на проиндексированные ресурсы, в которых встречается данное ключевое слово за период с 2003 г. по настоящее время; 2) количество ссылок на проиндексированные ресурсы, в которых встречается данное ключевое слово за период с 2008 г. по настоящее время; 3) организации, научно-исследовательские центры (Affiliations), в работах которых встречается данное ключевое слово за период с 2003 г. по настоящее время. Этот блок информации дает возможность идентифицировать основные центры современного развития указанных направлений ИиР. Таким образом, при библиометрическом анализе были использованы следующие показатели:

- общее число ссылок на проиндексированные ресурсы по базе данных *Scopus* за 2003–2013 гг. (за периоды 2003–2007 и 2008–2013 гг.);
- структура ссылок на проиндексированные ресурсы по направлениям ИиР за 2003–

¹¹ Известно, что научные ресурсы, опубликованные после 1996 г., индексируются в базе данных *Scopus* вместе со списками пристатейных библиографий. Цитируемость в базе данных подсчитывается посредством автоматизированного анализа содержания этих списков. Таким образом, в *Scopus* подсчитывается количество ссылок на все проиндексированные ресурсы, опубликованные с 1996 г.



2013 гг. (рассчитывалась как доля ссылок каждого направления от общего числа ссылок по тематической области);

- количество научных центров – лидеров по данному направлению ИиР (вошедших в десятку лидеров по числу ссылок) и их локализация.

На основе анализа публикационной активности по базе данных *Scopus*¹² были выявлены наиболее динамично развивающиеся в мире тематические направления за период 2003–2007 и 2008–2013 гг.

Основными показателями для оценки состояния научно-технологического направления тематической области стали:

- число ссылок на проиндексированные ресурсы по отдельным областям исследований за 2003–2013 гг.;
- количество ссылок на проиндексированные ресурсы за 2003–2007 гг. и 2008–2013 гг. (по четырем тематическим областям);
- структура организаций, лидирующих по публикационной активности в данной области (определялась отдельно для мира и России).

По числу ссылок на проиндексированные ресурсы и по их приросту за последние пять лет с существенным отрывом лидирует тематическая область «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (рис. 11), что отражает наибольшую актуальность этого направления и косвенно свидетельствует о явном технологическом сдвиге в последнее десятилетие.

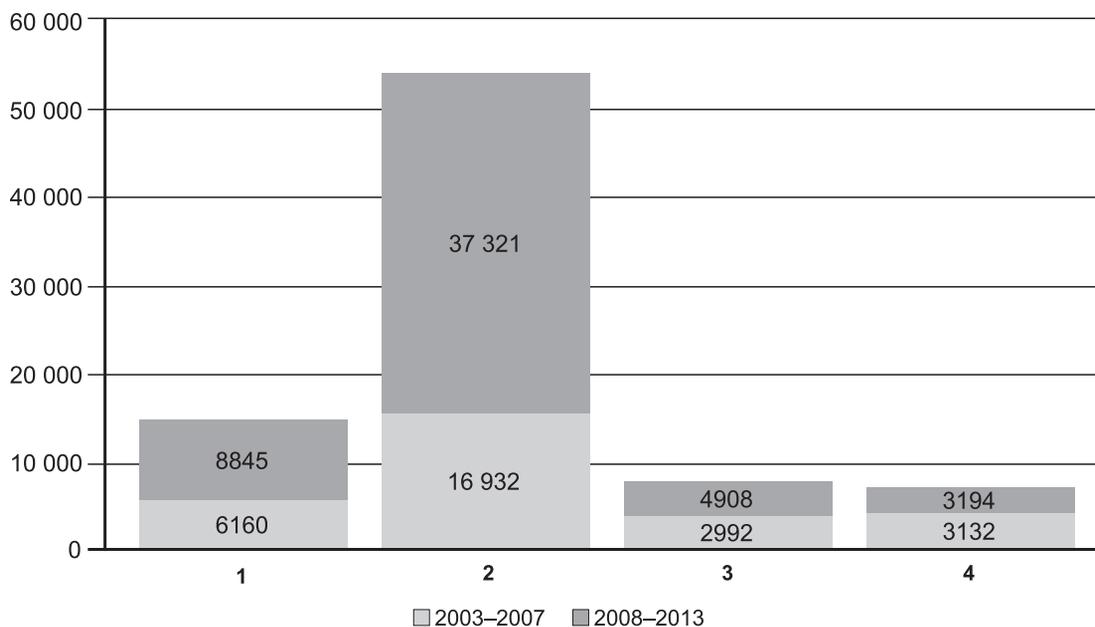
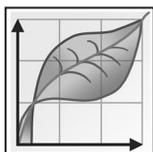


Рис. 11. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных *Scopus* по четырем тематическим областям за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций *Scopus* за 2003–2013 гг.

Тематические области:

- 1 – сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности;
- 2 – мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- 3 – изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья;
- 4 – изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики

¹² Реферативная база данных издательства Elsevier *SciVerse Scopus* (электронный доступ: <http://www.info.sciverse.com/scopus>), в отличие от Web of Science, шире отражает публикации по медицине, естественным и техническим наукам (на их долю приходится 83% ссылок), при меньшей доле реферируемых изданий по гуманитарным и социальным дисциплинам. Научные ресурсы, опубликованные после 1996 г., индексируются в базе данных *Scopus* вместе со списками пристатейных библиографий. Цитируемость в базе данных подсчитывается посредством автоматизированного анализа содержания этих списков. Таким образом, в *Scopus* подсчитывается количество ссылок на все проиндексированные ресурсы.



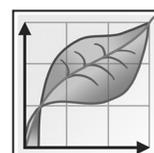
4.2. Сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности

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		<p>Исследование механизмов возникновения и развития опасных и экстремальных гидрометеорологических процессов в атмосфере и гидросфере, включая внетропические циклоны, экстремальные осадки, наводнения и засухи, штормовую активность</p> <p>Изучение динамики циркуляционных систем атмосферы, включая основные климатические моды, внетропические и тропические циклоны, и их роли в формировании аномалий атмосферной циркуляции</p> <p>Формирование массивов данных о современных и прогнозируемых изменениях климата на основе высокоточных наблюдений и модельных экспериментов</p>
Реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников, а также прогноз ее изменений		<p>Формирование библиотек данных о ретроспективном и современном состояниях криосферы, в том числе о многолетнемерзлых грунтах и ледниках, последствиях глобальных изменений криосферы Земли для климата, природы и общества</p> <p>Оценка динамики современных процессов изменения криосферы в полярных регионах</p>
Формирование прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы		<p>Формирование библиотек данных о миграции элементов, полученных посредством внедрения перспективных технологий исследования геохимии ландшафтов</p> <p>Создание систем количественной оценки влияния новых видов загрязнений на процессы очистки сточных вод</p>
Оценка изменений экологического состояния ландшафта и его компонентов, эрозионно-русловых процессов, биогеохимических потоков, биопродуктивности и биоразнообразия, а также водных объектов и их систем		<p>Разработка методов оценки состояния ландшафта и его компонентов для целей оптимизации территориального планирования</p> <p>Формирование библиотек данных об эколого-географических закономерностях образования биоразнообразия, моделях его эволюции и средообразующих функциях, инвазиях чужеродных видов</p> <p>Формирование библиотек данных о закономерностях эволюции геосистем в условиях изменений</p>



Окончание табл. 2

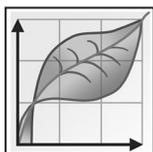
Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
		<p>климата современной эпохи и ее палеогеографических аналогов</p> <p>Разработка методов снижения антропогенной нагрузки на водные объекты – источники водоснабжения</p>
<p>Оценка и прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения в условиях изменяющегося климата и окружающей среды</p>		<p>Оценка изменения состояния здоровья населения</p> <p>Разработка способов адаптации населения к изменяющемуся климату и трансформации окружающей среды</p> <p>Разработка методов оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и мелиорационно-экологическую обстановку</p>
<p>Разработка систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения</p>		<p>Разработка лабораторных технологий экологически безопасной утилизации отходов, а также ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих соблюдение нормативов качества окружающей среды при переработке отходов</p> <p>Создание и использование многофункциональных и проблемно ориентированных геоинформационных систем и перспективных интеллектуальных экспертных систем обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Оптимизация схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом</p>		<p>Разработка методов оценки экологической емкости природной среды и определения критических антропогенных нагрузок на ландшафт и его компоненты</p> <p>Разработка методов и технологии проведения регионального мониторинга территорий на основе современных дистанционных и геоинформационных технологий</p> <p>Оценка общественно необходимых затрат на обеспечение рационального природопользования в территориальных природно-хозяйственных системах</p>

По библиометрическим данным наибольшее число ссылок в мире приходится на следующие области заделных исследований:

- изучение изменений климата (46%);
- технологии разработки систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения (18%);
- оценка и прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения (11%);
- формирование прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы (10%);
- оптимизация схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом (8%).

Менее одного процента ссылок приходится на следующие области заделных исследований: реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы и оценка изменений экологического состояния ландшафтов и его компонентов.

В абсолютных показателях в 2008–2013 гг. по сравнению с 2003–2007 гг. по всем направлениям ИиР количество ссылок возросло, за исключением области «Технологии формирования прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы», что может быть связано с новизной явления и пока несформировавшимся рынком подобных разработок. Наибольший прирост числа ссылок



затронул две области – *реконструкция и оценка современной динамики криосферы и изучение изменений климата и экстремальных климатических событий*. Более чем в два раза выросло число ссылок по областям, связанным с оценкой комплексного воздействия природных и техногенных факторов на окружающую среду и здоровье человека, а также с рационализацией природопользования в городах и сельской местности. Важно отметить, что в области изучения динамики циркуляционных систем атмосферы (наиболее многочисленная по числу ссылок область ИиР) прирост числа ссылок за последние пять лет был незначителен, что косвенно может свидетельствовать о менее интенсивном развитии этого рынка исследований и напрямую связано с его большими объемами (рис. 12).

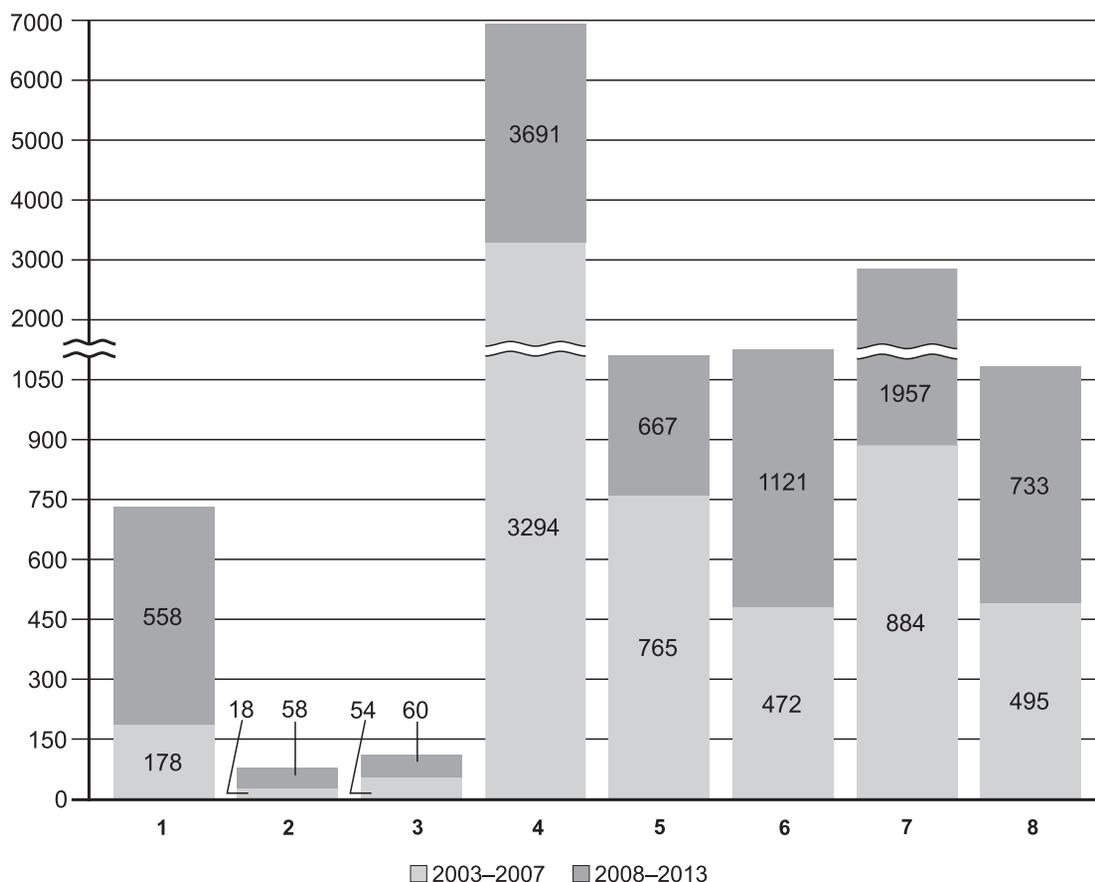
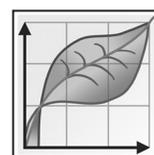


Рис. 12. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных Scopus по тематической области «Сохранение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности» за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций Scopus за 2003–2013 гг.

Направления исследований:

- 1 – изучение изменений климата, включая региональные, и экстремальных климатических событий с использованием перспективных подходов к анализу климатообразующих факторов;
- 2 – реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников, а также прогноз ее изменений;
- 3 – оценка изменений экологического состояния ландшафта и его компонентов, включая рельеф и эрозивно-русовые процессы, водные объекты и их экосистемы, почвы, биогеохимические потоки, биопродуктивность и биоразнообразие;
- 4 – изучение динамики циркуляционных систем атмосферы, включая основные климатические моды, внетропические и тропические циклоны, и их роли в формировании аномалий атмосферной циркуляции;
- 5 – формирование прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы;
- 6 – оценка и прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения в условиях изменяющегося климата и окружающей среды;
- 7 – разработка систем рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения;
- 8 – оптимизация схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом



Работы по изучению динамики циркуляционных систем атмосферы, требующие сложной инструментальной и теоретической базы, активно ведутся в научных центрах и университетах США (NASA Goddard Space Flight Center, University of Colorado (Boulder), Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, National Center for Atmospheric Research, National Oceanic and Atmospheric Administration, University of Maryland, University of Arizona). На долю научных центров США приходится более 10% всех ссылок по данному направлению. Кроме того, исследования в этой области развиты в Японии (University of Tokyo), во Франции (CNRS Centre National de la Recherche Scientifique). Особое место в этой области занимают и учреждения Российской академии наук, по своим публикационным показателям сопоставимые с Японией и Францией.

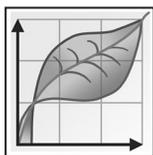
Совершенно иная картина складывается в области технологий *систем рационального природопользования и размещения населения и хозяйства*. Среди организаций-лидеров – научные центры Китая – институты Академии наук Китая, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Shenyang Institute of Applied Ecology, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Peking University, Nanjing University, Zhejiang University, Sun Yat-Sen University, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, University of Hong Kong, Beijing Forestry University. В то же время следует отметить, что на перечисленные организации Китая приходится менее 4% всех ссылок, и это позволяет говорить лишь об их относительном лидерстве и низкой монополизации исследований в рамках одной страны.

В области *оценки и прогнозирования комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельность населения* круг лидеров более разнообразен. Среди научных центров, активно публикующих результаты своих разработок в этой области, – University of Oxford (Великобритания), University of Alaska Fairbanks, University of Colorado at Boulder, UC Berkeley, University of Arizona (все – США), учреждения Академии наук Китая, Australian National University (Канберра, Австралия), Wageningen University and Research Centre (Нидерланды), Universitetet i Oslo (Норвегия), McGill University (Квебек, Канада).

В области *оптимизации схем территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и ресурсным потенциалом* к числу стран-лидеров относятся Китай (Chinese Academy of Sciences: Shenyang Institute of Applied Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences; Nanjing University, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Peking University, University of Hong Kong), США (Arizona State University), Нидерланды (Wageningen University and Research Centre), Швеция (Sveriges lantbruksuniversitet, Упсала).

Исследования в области *формирования прогноза переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая микро- и наночастицы* ведутся в Китае (Chinese Academy of Sciences, Peking University), Канаде (Environment Canada), США (UC Davis), а также в ряде университетских и научных центров Европы – в Стокгольмском университете (Швеция), Lancaster University (Великобритания), Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Швейцария), Belgian Nuclear Research Center (Бельгия).

Изучение изменений климата, в том числе и экстремальных климатических событий, имеет достаточно широкую географию, причем научные центры сосредоточены в основном в Европе. Среди организаций, характеризующихся высоким числом ссылок в этой области, – один из крупнейших технических университетов Северной Европы – Danmarks Tekniske Universitet (Дания), университет Швейцарии Eidgenossische Technische Hochschule (Цюрих), Potsdam Institut fur Klimafolgenforschung (Потсдам), Universität Bayreuth (Байройт) (оба – Германия), University College London, Centre for Ecology & Hydrology, University of East Anglia (оба – Великобритания), учреждения Польской академии наук, CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (Франция). Неевропейские центры этого направления представлены Chinese Academy of Sciences (Китай) и University of Wisconsin (Мэдисон, США).



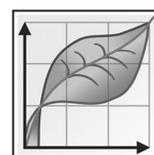
Два научных направления – *оценка изменений экологического состояния ландшафтов и его компонентов и реконструкция ретроспективной и оценка современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников, прогноз их изменений* – широко представлены в университетах и научных центрах США. Среди организаций-лидеров – федеральные центры – United States Environmental Protection Agency, United States Geological Survey, USDA Forest Service, а также университеты штатов Орегон, Вирджиния (Virginia Polytechnic Institute and State University), Северная Каролина, Мэриленд, Миннесота и Джорджия.

Технологии, направленные на изучение криосферы, помимо США (University of Colorado at Boulder, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, NASA Goddard Space Flight Center) и Германии (Deutsches Zentrum für Luft- Und Raumfahrt), развиваются в Австрии (University of Innsbruck), Франции (CNRS Centre National de la Recherche Scientifique, Universite Joseph Fourier), Великобритании (British Antarctic Survey), а также в Японии (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology).

Анализ географической приуроченности центров развития технологий в области сохранения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности показывает, что среди стран-лидеров выделяются США (6 из 7 областей) и Китай (5). У каждой из этих стран есть направления, по которым, согласно базе данных *Scopus*, они являются абсолютными лидерами. Для США – это оценка изменений экологического состояния ландшафтов и его компонентов, для Китая – системы рационального природопользования в условиях городов и агломераций, размещения хозяйства и населения.

Россия обладает научно-технологическими заделами по всем ключевым областям, необходимыми для преодоления существующего отставания от ведущих стран мира и выхода на лидирующие позиции по разработке указанных технологий. Конкурентные преимущества заключаются в накопленных традициях изучения экосистем и природных ландшафтов, наличии поддерживаемых университетских и академических центров, а также наработанном в проектных институтах опыте по использованию передовых технологий, в том числе основанных на данных ДДЗ и ГИС-технологиях. Институтами РАН получены важнейшие результаты в области разработки новейших подходов в области природопользования и мониторинга природных экосистем с учетом изменяющегося климата и увеличения антропогенных нагрузок.

Изучением и моделированием климата и его изменений, включая региональные изменения и экстремальные климатические события, занимаются структуры Росгидромета (Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова – ГГО), учреждения РАН (Институт вычислительной математики, Институт физики атмосферы, Институт географии), вузы (РГГМУ, МГУ). Исследования в области оценки современной динамики криосферы, в том числе многолетнемерзлых грунтов и ледников и прогноза их изменений сосредоточены преимущественно в институтах системы РАН (ААНИИ, Институт географии, Институте мерзлотоведения имени Мельникова СО РАН), а также в МГУ. Технологии оценки и прогнозирования переноса и трансформации загрязняющих веществ в окружающей среде, включая изотопно-геохимические методы, микро- и наночастицы разрабатываются в институтах РАН (Институт физики атмосферы, Институт проблем безопасности развития атомной энергетики, Институт вычислительной математики, Институт физики Земли), в структурах Росгидромета (Арктический и антарктический НИИ, Гидрохимический институт, Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, Гидрометцентр России), в НПО «Тайфун», а также в вузах (МГУ, РГГМУ, РХТУ имени Д.И. Менделеева). Изменения экологического состояния ландшафтов и его компонентов, включая состояние рельефа, пресноводных водоемов и их экосистем, почв, геохимических потоков, эрозионно-руслowych процессов, биопродуктивности и биоразнообразия изучаются в МГУ, РНИМУ имени Пирогова, ГГИ, Институтах географии РАН и СО РАН, Тихоокеанском институте географии ДВО РАН. Прогнозирование комплексного воздействия природных и техногенных факторов на состояние здоровья и жизнедеятельности населения в условиях изменяющегося климата сосредоточено в университетах (МГУ, Воронежский ГУ, Влади-



мирский ГУ, РГГМУ, ЮФУ), а также в НИиПИ Генплана, НИИ экологии города, Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН и Институте географии РАН.

Методы создания и использования многофункциональных и проблемно ориентированных геоинформационных систем, интеллектуальных экспертных систем, технологий дистанционного мониторинга окружающей среды для обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности разрабатываются в МГУ имени М.В. Ломоносова, Самарском ГТУ, Институте географии РАН, НИИ прикладной математики и сертификации, Институте космических исследований РАН, Институте географии РАН, ИТЦ «СканЭкс»; технологии оптимизации территориального планирования в соответствии с ландшафтной структурой и эколого-ресурсным потенциалом разрабатываются в МГУ, СПбГУ, Институте географии СО РАН.

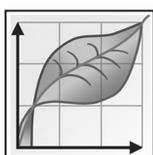
В то же время в области экологически чистых технологий производства заметны технологическое отставание России, разобщенность исследований и недостаточно развитая культура производства. Слабо востребованы исследования по утилизации отходов и детоксикации природной среды, недостаточно развита законодательная база в области обращения с опасными отходами. В этой сфере не хватает экономических стимулов, слаба международная координация, не хватает аналитического оборудования, а проблема не рассматривается на государственном уровне.

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

Ожидаемые результаты заделных исследований: создание систем мониторинга, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, изменений климата, необходимых для последующего внедрения современных технологий снижения уровня негативного воздействия на экологию и здоровье населения.

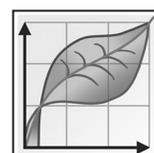
Табл. 3. Перспективные направления заделных исследований тематической области «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

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)		Разработка сценариев затопления прибрежных территорий Российской Федерации в результате экстремальных подъемов уровня воды, прогнозирование воздействия наводнений на земельные, водные и биологические ресурсы Разработка новых эффективных подходов к моделированию опасных геоморфологических процессов на основе представлений о системной организованности морфогенеза
Экологический мониторинг и прогнозирование состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях, береговых зон, акваторий и подземных вод		Создание систем альтернативного питьевого и промышленного водоснабжения Разработка методов оценки и обеспечения экологической безопасности освоения подземного пространства городов и сельских поселений



Продолжение табл. 3

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
Технологии инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосферу, водные объекты, почву		Разработка высокоэффективных технологий детоксикации воздушной и водной сред
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>
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		Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при добыче глубокозалегающих твердых полезных ископаемых шахтным способом



Окончание табл. 3

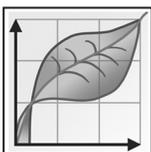
Области заделных исследований	Уровень ИнР	Приоритеты ИнР
мических производств, горных предприятий, высоконапорных плотин, гидроэлектростанций и атомных электростанций		Разработка механико-математических методов прогнозирования состояния сложных природно-технических, промышленных, инженерных, энергетических, транспортно-коммуникационных и гидротехнических систем
Технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений в акваториях, в том числе покрытых льдом районах		Разработка методов геодинамического мониторинга опасных природных и техногенных процессов при нефтегазодобыче на шельфе
Технологии создания и актуализации кадастров территорий и акваторий с наибольшим уровнем экологического риска		Создание экспертных систем районирования территорий по степени проявления природных опасностей и катастрофических явлений
Технологии и системы предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду		Формирование библиотеки данных о состоянии трансграничных водных объектов, воздушного пространства

Судя по тому, что данная тематическая область занимает лидирующие позиции в мировых исследованиях, она чрезвычайно востребована. Можно предположить, что в условиях происходящих глобальных изменений окружающей среды ее значение и дальше будет расти. Так, за 2003–2007 гг. среднегодовой прирост ссылок составил 6,4%, за 2008–2013 гг. – 11,3%. По библиометрическим данным, наибольшее число ссылок приходится на следующие области заделных исследований:

- экологический мониторинг и прогнозирование состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях, береговых зон, акваторий и подземных вод (84% ссылок);
- технологии и системы мониторинга экологических последствий изменений климата, включая процессы в зонах вечной мерзлоты (6,8%);
- технологии получения, передачи и использования информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях с использованием наземных, воздушных, космических и других средств (4,8%).

По приросту числа ссылок за последние пять лет выделяется область «Технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» – в 3,75 раза, по области «Технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях, в том числе в покрытых льдом районах», число ссылок увеличилось в 3 раза. Это свидетельствует о довольно быстрой реакции рынка научных разработок на глобальные тренды, связанные с ростом добычи нефти на шельфе и появлением повышенных требований к экологической безопасности в особых условиях. В абсолютном отношении уменьшилось число ссылок по двум областям из девяти: «Технологии и системы предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду» (число ссылок – 0,98 от уровня 2003–2007 гг.) и «Технологии обеспечения безопасности производственных и энергетических опасных объектов, в том числе химических и нефтехимических производств, горных предприятий, высоконапорных плотин и гидроэлектростанций, атомных станций» (0,8) (рис. 13а и 13б).

Развитие технологий мониторинга в зарубежных странах происходит на базе многопрофильных научных центров и исследовательских структур производственных холдингов. Основные центры разработки технологий экологического мониторинга и прогнозирования состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо



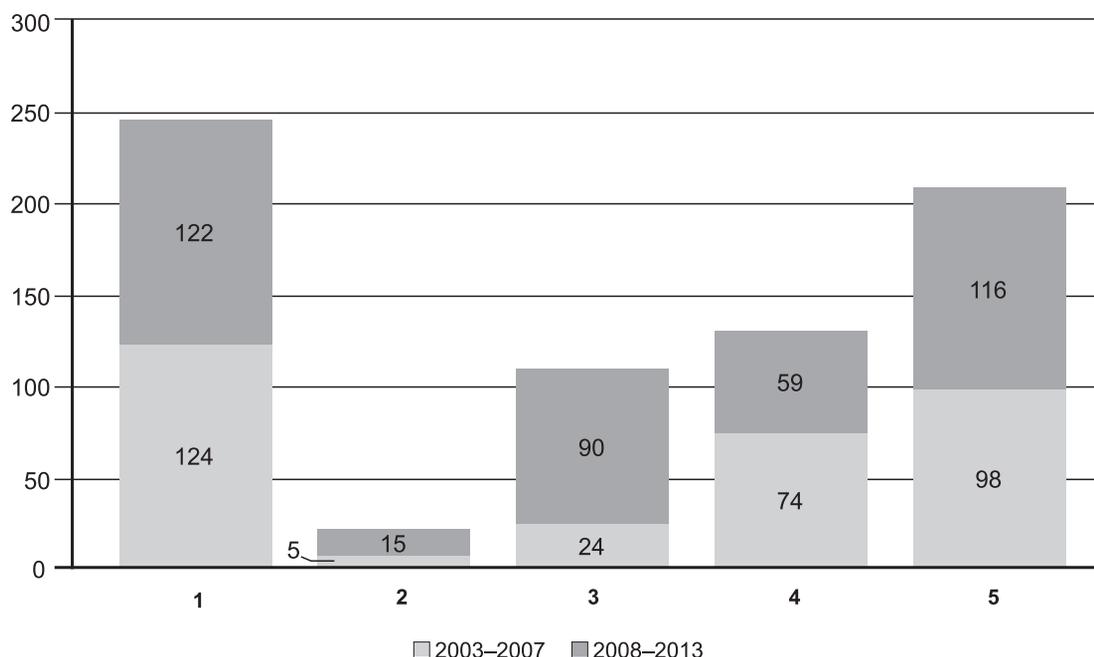


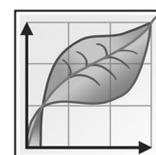
Рис. 13а. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных *Scopus* по тематической области «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций *Scopus* за 2003–2013 гг.

Направления исследований:

- 1 – технологии и системы предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду;
- 2 – технологии управления экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений в акваториях, в том числе покрытых льдом районах;
- 3 – технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- 4 – технологии обеспечения безопасности производственных и энергетических опасных объектов, в том числе химических и нефтехимических производств, горных предприятий, высоконапорных плотин и гидроэлектростанций, атомных станций;
- 5 – технологии инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосферу, водные объекты, почву

охраняемых природных территориях, береговых зон, акваторий и подземных вод находятся в Китае (Chinese Academy of Sciences, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Research Center for Eco-Environmental Sciences Chinese Academy of Sciences, Peking University), США (United States Environmental Protection Agency, United States Geological Survey, UC Davis), Канаде (Environment Canada), Великобритании (Centre for Ecology & Hydrology), Италии (Consiglio Nazionale delle Ricerche), Испании (Instituto de Diagnostico Ambiental y Estudios del Agua). Среди указанных центров наиболее бурный рост по интенсивности разработок за последние пять лет показывают научные центры Китая. В то же время для данной технологии характерна низкая степень концентрации в отдельных научных центрах, на перечисленные центры-лидеры приходится лишь одна десятая всех создаваемых разработок.

Специализированные технологии и системы мониторинга экологических последствий изменений климата, включая процессы в зонах вечной мерзлоты, часто являются отдельным компонентом работы вышеперечисленных организаций: стран – лидеров в области экологического мониторинга, например Китая (Chinese Academy of Sciences), США (United States Geological Survey), Великобритании (Centre for Ecology & Hydrology), Франции (Centre National de la Recherche Scientifique). В то же время в рамках этой технологии формируются и свои собственные центры превосходства, в частности в США (National Oceanic and Atmospheric Administration, NASA Goddard Space Flight Center, University of Colorado at Boulder, USDA Forest Service, University



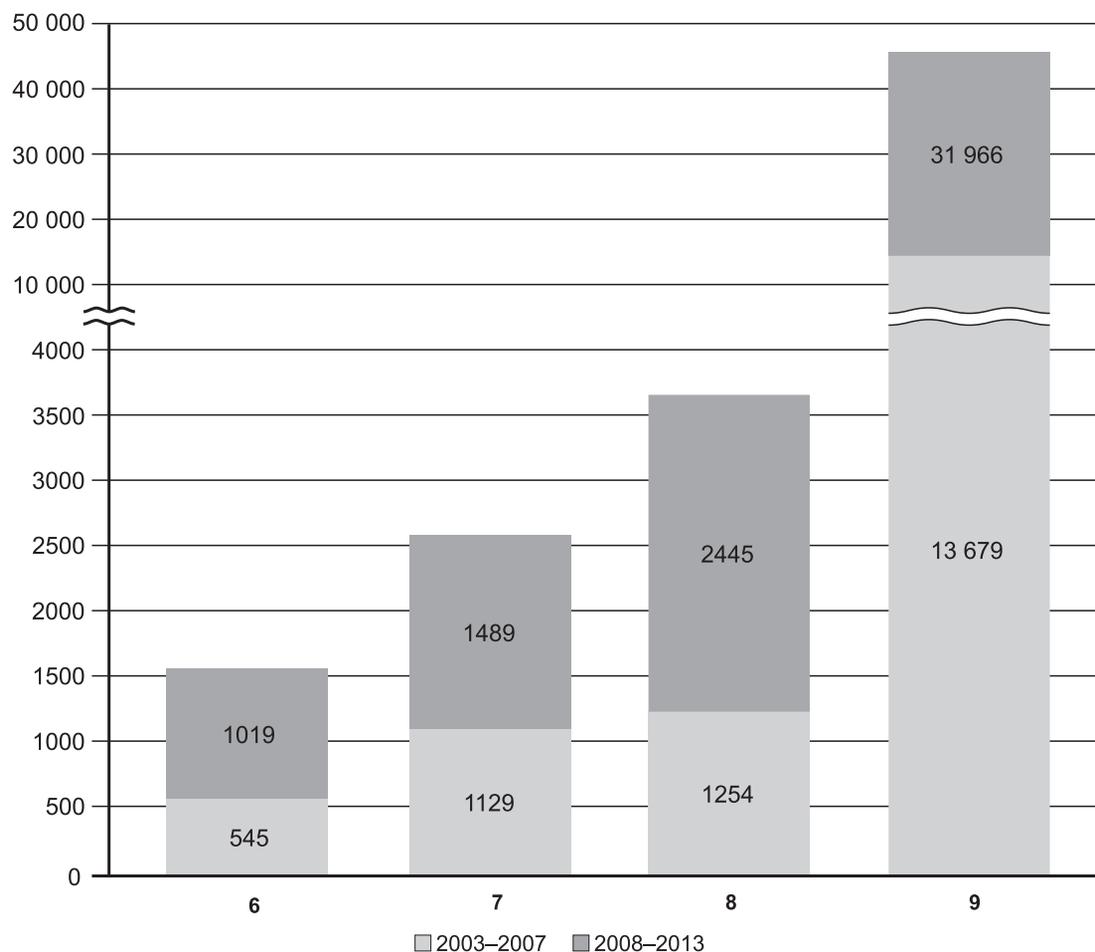


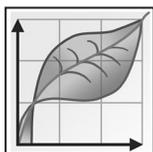
Рис. 13б. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных *Scopus* по тематической области «Мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций SCOPUS за 2003–2013 гг.

Направления исследований:

- 6** – оценка состояния и динамики ресурсов водных и наземных экосистем, восстановления ресурсного потенциала территорий с высокой антропогенной нагрузкой (почвы, био- и водные ресурсы)
- 7** – технологии получения, передачи и использования информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях с использованием наземных, воздушных, космических и других средств
- 8** – технологии и системы мониторинга экологических последствий изменений климата, включая процессы в зонах вечной мерзлоты
- 9** – экологический мониторинг и прогнозирование состояния природной среды в крупных промышленных городах и на особо охраняемых природных территориях, береговых зон, акваторий и подземных вод

of Maryland, University of Alaska Fairbanks). В Европе по числу публикаций в этой области выделяются Нидерланды (Wageningen University and Research Centre). Как и для предыдущей группы технологий в этом сегменте также невысок уровень концентрации разработок в ведущих центрах: на них приходится не более 16% всех ссылок за последние десять лет.

Группа технологий, связанных с получением, передачей и использованием информации о состоянии окружающей среды и ее изменениях при помощи наземных, воздушных, космических и других средств, предъявляет повышенные требования к качеству оборудования, а их разработка часто ведется специализированными организациями, занимающимися разработкой методов дистанционного зондирования поверхности Земли. Среди ведущих центров – научные организации Китая (Chinese Academy of Sciences, в том числе Institute of Remote Sensing Application и Graduate University, Beijing Normal University,



Wuhan University) и США (NASA Goddard Space Flight Center, University of Maryland, United States Geological Survey, National Oceanic and Atmospheric Administration). В Европе в число лидеров попадают исследовательские структуры ЕС (European Commission Joint Research Centre), а также центры в Германии (Deutsches Zentrum für Luft- Und Raumfahrt) и Италии (Consiglio Nazionale delle Ricerche).

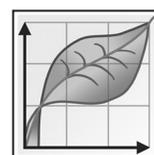
Технологии оценки состояния и динамики ресурсов водных и наземных экосистем, восстановления ресурсного потенциала территорий с высокой антропогенной нагрузкой разрабатываются в ведущих научных центрах США (United States Geological Survey, Texas A and M University, University of Texas at Austin, Oregon State University, Colorado School of Mines, The University of British Columbia, University of Washington Seattle), Китае (China University of Petroleum – Beijing, Tsinghua University), Канаде (University of Calgary), Японии (University of Tokyo), Дании (Danmarks Tekniske Universitet). Отличительная черта данного направления – формирование центров превосходства в рамках научных подразделений производственных холдингов – ExxonMobil, Chevron.

Оставшиеся группы технологий характеризуются существенно меньшим числом ссылок, значительная часть которых появилась в последние пять лет. Центры их развития отчасти совпадают с уже указанными в США и Китае, однако по отдельным технологиям большая часть ведущих разработок приурочена к ранее неупоминавшимся структурам. Именно эта особенность характерна для *технологий и систем предупреждения трансграничного негативного воздействия на окружающую среду*. Они активно разрабатываются в Великобритании (Imperial College London, Centre for Ecology & Hydrology), Японии (University of Tokyo), Финляндии (Finnish Environment Institute, Lapin Yliopisto), Швеции (Stockholms Universitet, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology), США (University of Arizona, Yale University, Pennsylvania State University), Нидерландах (Utrecht University), Греции (Aristoteleion Panepistimion Thessalonikis, Dimokrition Panepistimion Thrakis).

В развитии *технологий инструментального контроля выбросов/сбросов загрязнений в атмосфере, водные объекты, почву* значимыми «новыми» центрами являются Бразилия (Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares, Instituto Tecnológico e Nuclear – на эти три центра приходится 10% публикаций), Пакистан (Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology), Гонконг (City University of Hong Kong). В отличие от других направлений данные технологии развиваются в научных центрах стран Восточной Европы: в Словении (Jozef Stefan Institute) и Чехии (Masarykova Univerzita). Среди европейских стран также выделяются Франция (CNRS Centre National de la Recherche Scientifique), Норвегия (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet) и Великобритания (UC Davis). В США и Канаде ведущими центрами выступают Michigan State University и University of Saskatchewan. В рамках именно этой группы технологий лидирующие позиции занимает и Россия, в частности Объединенный центр ядерных исследований в Дубне. Важной особенностью указанной группы технологий можно назвать высокий уровень концентрации разработок в ведущих научных центрах – в перечисленных центрах создается около 40% разработок.

Характерной чертой развития технологий *обеспечения безопасности производственных и энергетических опасных объектов* является их значительно более высокая, чем у других групп технологий, концентрация в научных структурах производственных холдингов и транснациональных компаний. Среди них – Showa Denko (Япония), Adaptive Instruments/Accutech, IRC Risk and Safety, LLC, Humatrack SafeLight (все – США), GMS Abingdon Ltd. (Великобритания), Fernando Brasil Engenharia de Segurança RJ (Бразилия). В число ведущих научных организаций, занимающихся развитием данного направления, входят The Royal Institute of Technology KTH (Великобритания), Alma Mater Studiorum Università di Bologna (Италия), European Commission Joint Research Centre, а также Агентство окружающей среды Норвегии – Statens strålevern.

Технологии и системы раннего обнаружения и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера разрабатываются в США (Jackson State University, National Oceanic and Atmospheric Administration, NASA Johnson Space Center,



NASA Glenn Research Center), Китае (Tsinghua University, Shandong University), Канаде (Environment Canada), Австралии (University of Newcastle). Среди крупных корпораций – State Grid (Китай) и Aerojet (США).

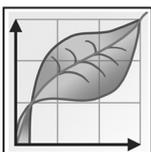
Новый сегмент технологий, связанных с *управлением экологическими рисками при освоении морских нефтегазовых месторождений на акваториях, в том числе в покрытых льдом районах*, развивается пока еще в небольшом количестве стран. Среди них – США (U.S. Army Engineer Research and Development Center, USDA ARS Salinity Laboratory, United States Coast Guard Academy, Conserve Wildlife Foundation, Weatherford Intl. Inc., Pandion Systems, Inc., Dow Chemical) и Республика Корея (Korea Ocean Research and Development Institute).

В России развитие технологий мониторинга сдерживается недостаточным обеспечением современными инструментальными средствами экологического контроля, разобщенностью усилий по его проведению муниципальными, региональными и федеральными структурами, предприятиями, а также из-за фрагментарности информации о динамике экологических индикаторов. Накоплен положительный опыт мониторинга природной среды для предприятий атомной, химической, металлургической и других отраслей промышленности. В то же время очевидна необходимость существенного повышения эффективности мониторинга состояния городов и муниципальных образований России.

Основные ИиР в области мониторинга сосредоточены в вузах: МГУ имени М.В. Ломоносова, Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ), Самарском ГТУ и др., в научных и исследовательских организациях РАН (Институт водных проблем, Институт географии, Институт космических исследований, Институт криосферы Земли СО РАН и др.) и Росгидромета (Государственный гидрологический институт), в ОАО «НИИП центр “Природа”», Научном центре оперативного мониторинга Земли, НПО «Тайфун», ФГУП «Факел», а также в структурах крупного (ИТЦ «СканЭкс», Концерн «Океанприбор» и др.) и среднего (ОАО «Институт Заповод-проект», ООО «ДАТА+» и др.) бизнеса. Развитие исследований в этой сфере сдерживается недостатком станций мониторинга с современным оснащением и программами обработки данных; неопределенностью их оптимального расположения; невысокой востребованностью исследований и разобщенностью наблюдений.

В области получения, передачи и обработки данных дистанционного зондирования и эффективных технологий их использования для изучения природных ресурсов, снижения гидрометеорологической и экологической уязвимости экономики и населения Россия отстает от США, Японии, стран ЕС, Австралии. В то же время большое количество совместных проектов (связанных с созданием единой информационной сети для глобального мониторинга окружающей среды, изменения ландшафтного покрова и т.д.) демонстрируют, что российские технологии и организации могут эффективно работать в рамках международных альянсов. Ведущие поставщики программного обеспечения для обработки ДДЗ: Agisoft (Россия), ЗАО «Фирма «Ракурс», ЗАО КБ «Панорама»; государственные организации, коммерческие компании: ФГУП Госцентр «Природа», ФГУП «Уралгеоинформ», ФГУП «Рослесинформ», ФГБУ «НИЦ «Планета», ФГУП «ГВЦ Минсельхоза России», РКК «Энергия» и др. Наиболее активно геоинформационные системы и геопорталы внедряются в структурах Минприроды, Минсельхоза, Роскосмоса, Росреестра, Рослесхоза и др.

Уровень российских научных разработок в области методик прогнозирования природных и техногенных катастроф не уступает лучшим разработкам ведущих зарубежных стран, а по ряду направлений (например, оценка последствий землетрясений) российские исследователи являются лидерами в мире. Системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и методики управления рисками разрабатываются в вузах (РГГМУ, МГТУ имени Баумана, Академия гражданской защиты МЧС и др.), институтах РАН (Институт географии, Геофизический центр, Институт геоэкологии имени Е.М. Сергеева, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта и др.), структурах МЧС (ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, ФКУ ЦСИ ГЗ и др.).

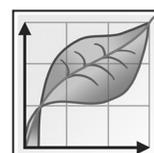


4.4. Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья

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.

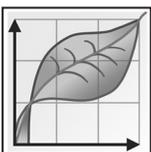
Табл. 4. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья»

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



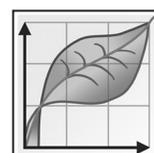
Продолжение табл. 4

Области заделных исследований	Уровень ИнР	Приоритеты ИнР
		<p>Разработка методов оценки ресурсов нефтяных месторождений на основе моделирования процессов в области нафтидогенеза</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> <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 метаносодержащие 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>



Продолжение табл. 4

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



Окончание табл. 4

Области заделных исследований	Уровень ИнР	Приоритеты ИнР
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

Несмотря на то, что данная область имеет преимущественно прикладной характер, ее значимость в мире по библиометрическим данным (число ссылок) соответствует третьему месту среди четырех тематических областей. Прирост числа ссылок за период 2008–2013 гг. по сравнению с 2003–2007 гг. составил 64%, что связано с ростом количества публикаций в области разработок нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др. (рис. 14). Это косвенно отражает один из ведущих мировых трендов развития топливно-энергетической отрасли.

По библиометрическим данным наибольшее число ссылок в мире приходится на следующие области заделных исследований:

- получение и использование нетрадиционных источников сырья (51% ссылок);
- создание и развитие физико-технических и физико-химических технологий переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана, в том числе для производства газообразных и жидких синтетических углеводородов (27%);
- технологии эффективной переработки твердых полезных ископаемых, включая энергосберегающую комплексную переработку труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья с высокой степенью концентрации минеральных комплексов (11%).

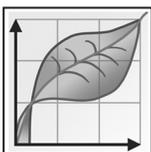
Наиболее сильно за последние пять лет увеличилось число публикаций по направлению «Физико-технические и физико-химические технологии переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана, в том числе для производства газообразных и жидких синтетических углеводородов» – в 3,2 раза (с 510 до 1614 ссылок). По направлению «Исследования в области утилизации попутного нефтяного газа» число ссылок возросло почти в 3 раза. Это, видимо, отражает мировую тенденцию более эффективного и экологически безопасного освоения месторождений, а также довольно быструю реакцию рынка научных разработок на потребности добывающей отрасли.

Незначительное снижение публикационной активности отмечается для области «Исследования, направленные на использование в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых». В диапазоне от 1,1 до 1,6 раз выросло число публикаций по остальным группам технологий:

- исследования в области поисково-разведочных работ – в 1,1 раза;
- методы увеличения нефтеотдачи – в 1,5 раза;
- исследования в области получения и использования нетрадиционных источников сырья – в 1,3 раза;
- технологии эффективной переработки твердых полезных ископаемых – в 1,6 раза.

За десятилетний период большая часть ссылок принадлежит научным центрам и лабораториям университетов (около 80%), на долю научных подразделений крупных производственных компаний и холдингов приходится около 13% ссылок. Научные разработки также ведутся в национальных (государственных) научных центрах (около 6%).

Основные центры исследований в области *поисково-разведочных работ*, в том числе в новых районах добычи, геофизических методов разведки нефти и газа в нетрадиционных геологических условиях, оценки продуктивности нефтеносных пластов, методов



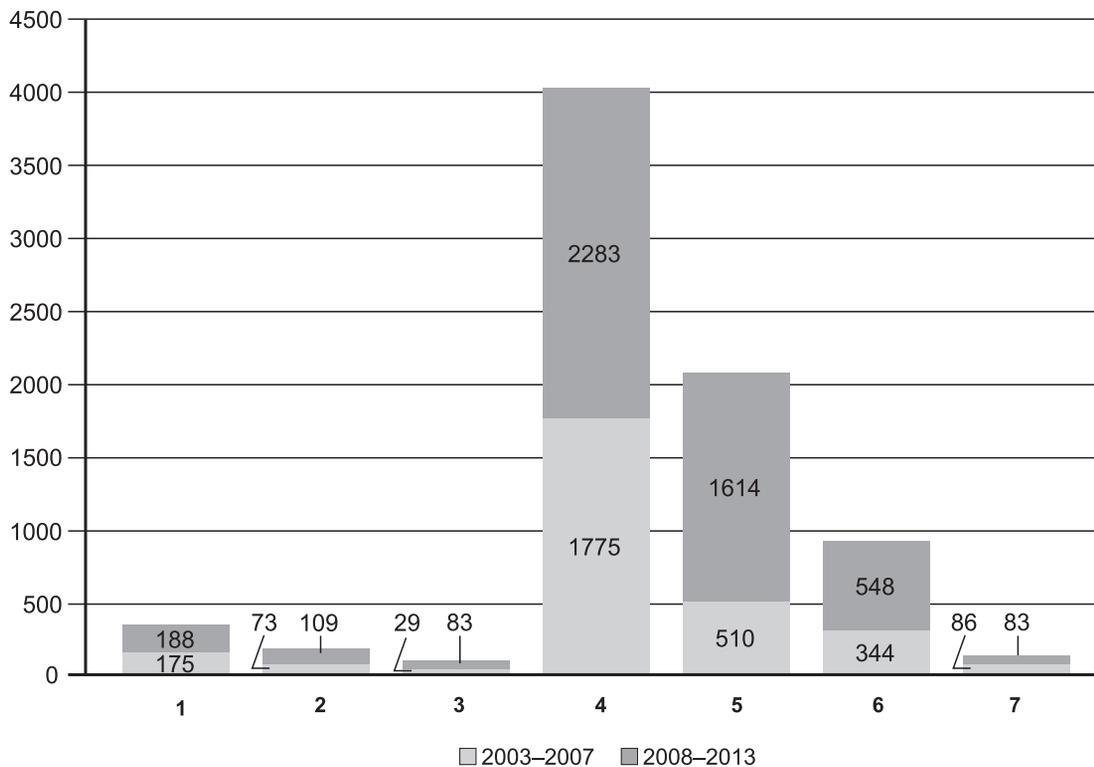
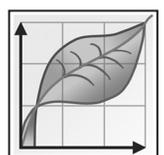


Рис. 14. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных *Scopus* по тематической области «Изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья» за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций *SCOPUS* за 2003–2013 гг.

Направления исследований:

- 1 – исследования в области поисково-разведочных работ, в том числе в новых районах добычи, удовлетворяющих экономическим и экологическим требованиям, разработка геофизических методов разведки нефти и газа в нетрадиционных геологических условиях, оценка продуктивности нефтеносных пластов, методов и методик поиска зон возможного рудопроявления;
- 2 – методы увеличения нефтеотдачи, включая направленное изменение коллекторских свойств пластов, позволяющее увеличить коэффициент извлечения углеводородного сырья, в том числе на истощенных месторождениях и месторождениях низконапорного газа;
- 3 – исследования в области утилизации попутного нефтяного газа;
- 4 – исследования в области получения и использования нетрадиционных источников сырья, в том числе углеводородного, включая тяжелые нефти, газогидраты, сланцевый газ и др.;
- 5 – создание и развитие физико-технических и физико-химических технологий переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана, в том числе для производства газообразных и жидких синтетических углеводородов;
- 6 – технологии эффективной переработки твердых полезных ископаемых, включая энергосберегающую комплексную переработку труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья с высокой степенью концентрации минеральных комплексов;
- 7 – исследования, направленные на использование (в промышленных масштабах) отходов добычи и переработки полезных ископаемых

и методик поиска зон возможного рудопроявления сосредоточены в Китае (China National Petroleum Corporation, China University of Geosciences, China University of Petroleum – Beijing, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Chengdu University of Technology, Yangtze University), США (Chevron, GRI, ExxonMobil), а также в европейских странах (Royal Dutch Shell – Нидерланды, Великобритания). Бурный рост интенсивности разработок за последний пятилетний период показывают научные центры Китая. Высокая публикационная активность в области *методов увеличения нефтеотдачи*, как и в предыдущем направлении, отмечается в Китае (China University of Petroleum – Beijing, Daqing Oilfield Company Limited, Shengli Oilfield Company, China National Petroleum Corporation,



Sinopec, Southwest Petroleum University China, Peking University, Chinese Academy of Sciences) и США (ExxonMobil, University of Wyoming, University of Texas at Austin). В рамках этой технологии на базе университетов развиваются центры превосходства в Канаде (University of Regina, University of Calgary).

Третьей областью заделных исследований, в которой лидерство принадлежит университетам Китая, является создание и развитие *физико-технических и физико-химических технологий переработки высокогазоносных угольных пластов с предотвращением выбросов шахтного метана* (China University of Mining Technology, Huazhong University of Science and Technology, Xian University of Engineering Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, North China Electric Power University, Henan Polytechnic University, Southeast University, Taiyuan Li Gong Daxue). В число лидеров попадают исследовательские структуры университетов США (University of Kentucky, Pennsylvania State University) и Польши (Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie). Как и для двух предыдущих групп технологий, в этом сегменте обнаруживается рост центров превосходства в КНР.

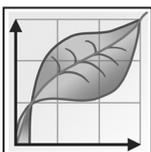
В областях, связанных с исследованиями в области *утилизации попутного нефтяного газа и получения и использования нетрадиционных источников сырья*, КНР уступает пальму первенства США. Оба направления активно развиваются в Texas A and M University. В рамках первого из означенных направлений формируются центры превосходства в National Energy Technology Laboratory (Morgantown, Pittsburgh), университетах Carnegie Mellon University, Stanford University и University of Houston, научном центре IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Исследования по использованию нетрадиционных источников сырья сконцентрированы в университетах University of Wisconsin Madison, Pennsylvania State University, University of Colorado at Boulder; научных подразделениях ведущих мировых энергетических холдингов ExxonMobil и Chevron.

Исследования в области *утилизации попутного нефтяного газа* активно ведутся в Российской Федерации (лидеры – Российская академия наук, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, ВНИИМ имени Д.И. Менделеева, Пермский национальный исследовательский политехнический университет), Канаде (Dalhousie University), Индии (University of Petroleum and Energy Studies), Западной Европе (Royal Dutch Shell – Нидерланды, Великобритания).

В рамках исследований в области *получения и использования нетрадиционных источников сырья* высокая публикационная активность фиксируется для исследовательских центров КНР (China University of Petroleum – Beijing, Sinopec, Research Institute of Petroleum Exploration and Development), Канады (University of Alberta, University of Calgary), Российской академии наук и нефтегазовой компании Royal Dutch Shell.

Особняком стоит область заделных исследований, связанная с *технологиями эффективной переработки твердых полезных ископаемых*. На первый план здесь выступают университеты и научные центры Австралии (University of Queensland, University of South Australia, University of Melbourne, CSIRO Minerals, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). Данные технологии разрабатываются в Канаде (University of Alberta, McGill University), ЮАР (University of Cape Town), США (Pacific Northwest National Laboratory), Китае (Central South University China), Великобритании (Imperial College London).

Исследования, направленные на *использование в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых*, ведутся в США, в научных центрах компаний GreenFields Coal Company, Golder Associates Inc., Robbins Avant Mineral Ventures, а также университетах Virginia Polytechnic Institute and State University и University of Kentucky. В отличие от других направлений данные исследования развиваются в научных центрах и учебных заведениях стран Западной и Восточной Европы: Германии (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Technische Universität Berlin), Франции (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), Нидерландах (Delft University



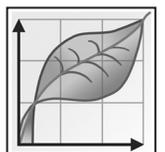
of Technology), Великобритании (Imperial College London), Швейцарии (Eidgenössische Technische Hochschule Zurich), Польше (Uniwersytet Wrocławski), Испании (Técnicas Reunidas, S.A.) и Румынии (National Agency for Radioactive Waste ANDRAD), а также в Канаде (The University of British Columbia) и ЮАР (University of Cape Town).

Для России характерно наличие мощной научно-исследовательской базы, возможности опытного опробования разрабатываемых технологических решений в районах со сложными условиями добычи. В то же время дальнейшему развитию исследований препятствует отсутствие комплексного подхода к освоению месторождений и недостаточное финансирование науки.

Позиции российских исследований по разным областям ИиР различны. В области разработки гидродинамических, тепловых, химических и физических методов повышения коэффициента извлечения углеводородов российские исследования и разработки находятся на мировом уровне. Некоторое отставание намечается в области традиционно менее использовавшихся в СССР и России газовых методов. Одними из ведущих организаций в области разработки технологий добычи углеводородов в сложных условиях и нефтегазоконденсатных месторождений являются Санкт-Петербургский горный университет, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, ОАО «Сургутнефтегаз». В области разработки технологий добычи газогидратов, несмотря на малое число научных коллективов, осуществляющих данные исследования, российские разработки находятся на мировом уровне.

В области утилизации шахтного метана и добычи метана высокогазоносных угольных пластов в России имеется несколько научных коллективов (Институт проблем комплексного освоения недр РАН, НПО «Углеметан» и Институт угля СО РАН, профильное подразделение ОАО «Газпром»), уровень разработок которых позволяет говорить об их конкурентоспособности. В области добычи сланцевого газа и битуминозных песков намечено существенное отставание российских разработок от мирового уровня, а в отношении добычи тяжелой нефти имеются преимущественно базовые знания.

Позиции российских исследований и разработок в части технологий эффективной переработки твердых полезных ископаемых можно в целом оценить как соответствующие мировому уровню. Исключение составляют технологии обогащения и извлечения компонентов из вкрапленных и тонковкрапленных руд, по которым сохраняется существенное отставание, а уже существующие технологии так и не были внедрены в реальное производство. В области комплексной переработки минерального сырья ведущей российской организацией, осуществляющей разработки технологий, является Институт проблем комплексного освоения недр РАН, а также научно-производственная корпорация «Механобр-техника». К крупным разработчикам относятся также предприятия и организации, связанные с горнодобывающей и химической промышленностью, металлургией: НИТУ МИСиС, Московский государственный горный университет, ОАО «СУЭК», ООО «УГМК-Холдинг», ОАО «Уралмеханобр», ФГУП «ННЦ ГП Институт горного дела имени А.А. Скочинского», Институт горного дела СО РАН и др.



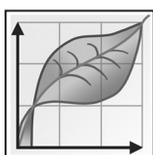
4.5. Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики

Ожидаемые результаты заделных исследований:

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

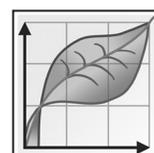
Табл. 5. Перспективные направления заделных исследований в тематической области «Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики»

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



Продолжение табл. 5

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



Окончание табл. 5

Области заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
обработки информации в труднодоступных районах Арктики и Антарктики		и птиц Арктической зоны Российской Федерации Разработка методов проведения спутникового мониторинга и анализа сезонной и межгодовой изменчивости сплоченности морских льдов в арктических и внутренних морях Российской Федерации

Высокая обеспеченность природными ресурсами Мирового океана, Арктики и Антарктики и значительная уязвимость их экосистем в ходе их освоения – факторы, определяющие актуальность данной тематической области в мире.

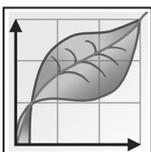
В рамках данного тематического направления по количеству ссылок публикаций лидируют:

- технологии дистанционного зондирования Земли, включая технологии экологического мониторинга, оценки ресурсов и прогнозирования состояния природной среды Арктической зоны Российской Федерации на базе многоцелевой российской космической системы «Арктика», а также в области создания автоматизированных систем сбора и обработки информации в труднодоступных районах Арктики и Антарктики (более 86%);
- экологически безопасная морская разведка и добыча различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики (12%);
- исследования в области предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти, в первую очередь в ледовых условиях, включая технологии обнаружения нефти под льдом (1%).

Прирост количества ссылок отмечается преимущественно по областям, которые связаны с технологиями разведки и добычи полезных ископаемых в регионах нового хозяйственного освоения (рис. 15). Наиболее перспективным направлением, по крайней мере в ближайшие годы (судя по темпам прироста ссылок), станут технологии сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом. Это отражает глобальный тренд по освоению топливно-энергетического потенциала Арктики. Развитие этой области заделных исследований связано с относительной дешевизной сейсморазведки по сравнению с другими методами геологического изучения акваторий с ледовым покровом. В то же время несколько снизилось количество публикаций в области экологической безопасности и мониторинга природной среды в районах Мирового океана, Арктики и Антарктики. Это вызывает крайнюю озабоченность в условиях роста числа источников экологической опасности в регионах с низкой устойчивостью и самоочищающей способностью природных систем.

За рубежом основные центры исследований в области *экологически безопасной морской разведки и добычи различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики* располагаются: в Китае (Research Institute of Petroleum Exploration and Development, China University of Geosciences, China National Offshore Oil Corp, China University of Petroleum – Beijing); США (Scripps Institution Oceanography, ExxonMobil, Chevron) и Норвегии (Statoil ASA, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet). Среди выявленных центров наиболее бурный рост по интенсивности разработок за последние пять лет показывают научные центры Китая. Так, по числу ссылок с 2008 по 2013 гг. в первой пятерке организаций оказались только учреждения этой страны. КНР известна и подготовкой специалистов в области морской разведки и добычи.

Основные центры развития исследований по *технологиям сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом*, концентрируются в Норвегии (Universitetet i Tromsø, Statoil ASA), США (United States Geological Survey, Texas A and M University, Consulting Geologist), Японии (University of Tokyo); Китае (Guangzhou Marine Geological Survey),



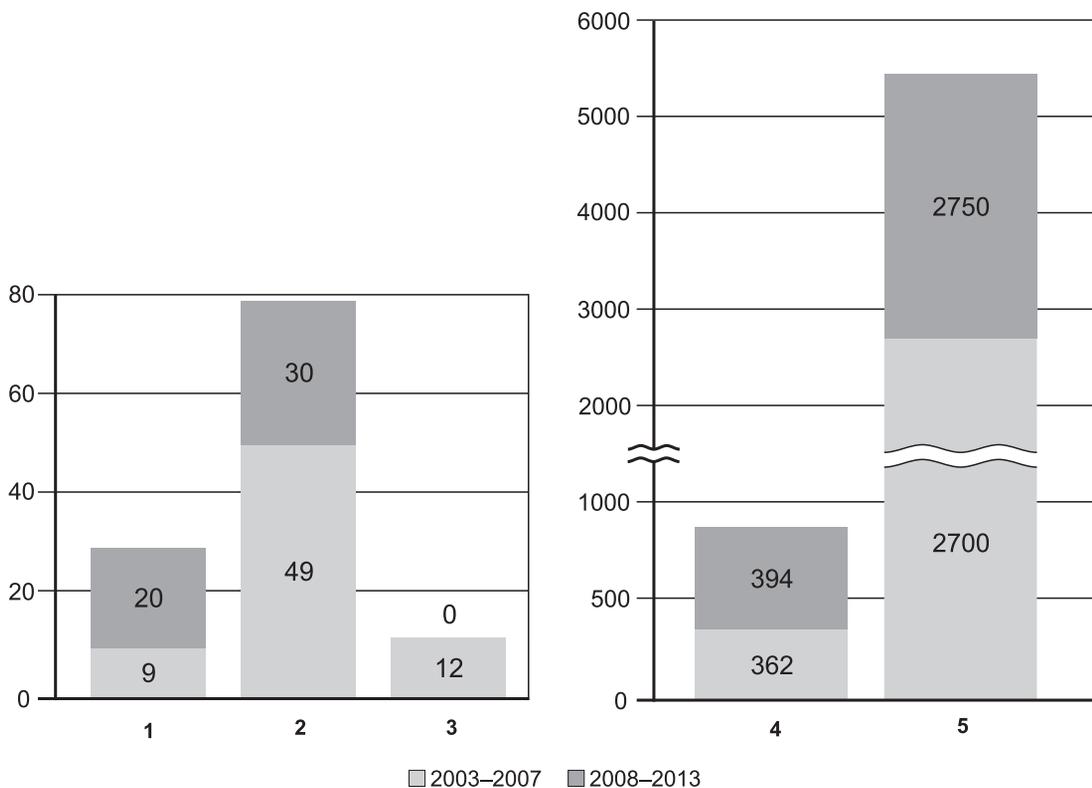


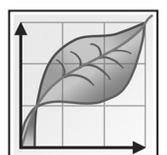
Рис. 15. Количество ссылок на проиндексированные ресурсы базы данных Scopus по тематической области «Изучение и освоение ресурсов Мирового океана, Арктики и Антарктики» за период 2003–2007 и 2008–2013 гг. Составлено по данным базы публикаций Scopus за 2003–2013 гг.

Направления исследований:

- 1 – технологии сейсморазведки на акваториях, покрытых льдом;
- 2 – предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти, в первую очередь в ледовых условиях, включая технологии обнаружения нефти подо льдом;
- 3 – 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;
- 4 – экологически безопасная морская разведка и добычи различных видов минеральных ресурсов в экстремальных природно-климатических условиях Мирового океана, Арктики и Антарктики;
- 5 – технологии ДЗЗ, включая технологии экологического мониторинга, оценки ресурсов и прогнозирования состояния природной среды Арктической зоны Российской Федерации на базе многоцелевой российской космической системы «Арктика», а также в области создания автоматизированных систем сбора и обработки информации в труднодоступных районах Арктики и Антарктики

Южной Кореи (Gas Hydrate Research and Development Organization GHDO) и Германии (Bavarian Academy of Sciences and Humanities). Свои позиции по количеству опубликованных работ данные центры сохраняют и последние годы.

В развитии технологий ДЗЗ, включая технологии экологического мониторинга, оценки ресурсов и прогнозирования состояния природной среды Арктики, а также в области создания автоматизированных систем сбора и обработки информации в труднодоступных полярных районах наиболее преуспели: явный лидер – США (NASA Goddard Space Flight Center; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology; NASA Langley Research Center; University of Maryland; National Oceanic and Atmospheric Administration; National Aeronautics and Space Administration), Германия (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), Китай (Chinese Academy of Sciences), Япония (Japan Aerospace Exploration Agency) и Нидерланды (ESTEC – European Space Research and Technology Centre). Новых центров по данной области за последние пять лет не появилось. Усилили свои позиции Китай (за счет Beijing Normal University) и США (за счет NASA Langley Research Center).



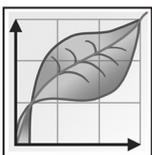
Центры исследований в области предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти, в первую очередь в ледовых условиях, включая технологии обнаружения нефти подо льдом, располагаются в США (United States Environmental Protection Agency; U.S. Coast Guard; National Oceanic and Atmospheric Administration; U.S. EPA Region; Michigan State Police; Scientific and Environmental Associates, Inc.), Австралии (Australian Maritime Safety Authority), Великобритании (Wessex Water Authority) и Норвегии (Oil Spill Response Limited). Состав лидирующих организаций за последние пять лет изменился, но свои позиции США сохранили. Появились новые центры в Финляндии (Kymenlaakso University of Applied Sciences), Панаме (Autoridad del Canal de Panama – Panama), о значимости которых можно будет судить по результатам дальнейшего мониторинга публикационной активности.

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 разрабатываются в Италии (Danieli SpA), Румынии (Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti; Cercetare – Dezvoltare pentru Chimie si Petrochimie), Индии (CSE Department, SA Engg College), Украине (National Academy of Sciences in Ukraine), Канаде (Politecnico di Torino) и Китае (Chengdu University of Information Technology). Явного лидера в этой области исследований не выявлено, практически нет и работающих в этой области крупных мировых и региональных исследовательских центров в области наук о Земле. Количество ссылок по данному сегменту исследований существенно сократилось по отношению к предыдущему периоду (2003–2007 гг.). Серьезные возможности и интеллектуальные ресурсы для развития исследований в этом направлении имеют США, Китай, Россия, Великобритания, Германия, Япония и др. – страны с традиционно сильными позициями геонаук, развивающие проекты по освоению полярных районов и морских акваторий и увеличивающие свое научное и военное присутствие в данных регионах.

В России вопросами изучения и освоения ресурсов Арктической зоны России, Мирового океана и Антарктики в настоящее время занимаются сотни конкурентоспособных российских организаций и предприятий. Этот сегмент интенсивно развивается, в том числе и в секторе инновационно-активных предприятий (ОАО «Концерн «Океанприбор» и др.). В то же время научно-методические и научно-технические основы рационального природопользования и обеспечения экологической безопасности в Арктической зоне Российской Федерации пока разработаны недостаточно. Исследования состояния и динамики природных ресурсов Арктики и Антарктики под влиянием естественных и антропогенных факторов сосредоточены в Арктическом и антарктическом НИИ, Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова, Государственном гидрологическом институте, Институте географии РАН. Изучением роли океана в климатических изменениях, мониторингом и прогнозированием экстремальных, опасных и катастрофических явлений в Мировом океане и морях России занимаются Институт океанологии РАН, Государственный океанографический институт, ФГБУ «Гидрометцентр России», РГГМУ, ВНИИМОРГЕО, МГУ и др. Технологии разведки и разработки месторождений углеводородов и иных полезных ископаемых на арктическом шельфе Российской Федерации сосредоточены во ФГУП «ВНИИОкеангеология имени И.С. Грамберга», Институте океанологии РАН, Институте проблем нефти и газа РАН. Проблемы антропогенного загрязнения Мирового океана и морей Российской Федерации, Арктики и Южного полярного региона изучаются в Институте биологии моря ДВО РАН, Институте океанологии РАН, Мурманском морском биологическом институте РАН и др.

* * *

Таким образом, анализ данных публикационной активности в мире в областях, входящих в сферу направления «Рациональное природопользование», дает объективную информацию о глобальной ситуации в соответствующих областях научно-технологического развития и позволяет определить наиболее динамично развивающиеся направления исследований и разработок.



По многим тематическим направлениям в сфере рационального природопользования и экологической безопасности Россия сохраняет ключевые компетенции благодаря развитой системе научно-исследовательских организаций и университетской науке. Однако проведенный библиометрический анализ свидетельствует, что по публикационной активности по многим ключевым направлениям Россия находится в ряду таких стран, как Италия, Республика Корея, Бразилия, Швеция, Иран, ЮАР, Австралия, Нидерланды, Испания, Норвегия, значительно отставая от безусловных лидеров по числу публикаций – США, Китая, Великобритании, Канады. Области, по которым Россия имеет конкурентоспособные разработки, связаны с мониторингом гидросферы, исследованиями криосферы, освоением арктического шельфа, использованием потенциала техногенных образований и ряду других.

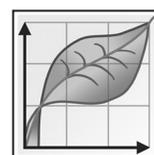
Заключение

Сложный, системный характер рационального природопользования как комплекса технологических, социально-экономических, культурных и поведенческих аспектов функционирования природно-хозяйственных систем, относящихся к различным отраслям экономики, определяет особые требования к процессу выработки научно-технологической политики и стратегического планирования развития данной сферы.

Поскольку рациональное природопользование объединяет широкий диапазон сфер человеческой деятельности, от сбора данных об окружающей среде и минимизации негативных воздействий на природные богатства при их использовании до непосредственно целенаправленного воздействия на экосистемы, прогнозирование и определение приоритетов развития этой сферы неизбежно носит межотраслевой и междисциплинарный характер. Оно выходит за рамки технологического прогнозирования и должно включать оценку вероятных глобальных трансформаций географической оболочки (например, потепление климата), социально-политических сдвигов, значительных изменений в потребительском поведении населения, учитывать геополитические аспекты.

Рациональное природопользование целесообразно рассматривать как межотраслевой инфраструктурный (то есть обеспечивающий функционирование других отраслей) комплекс. Аналогичными комплексами, но находящимися на ранних стадиях формирования и потому не обладающими пока такой же сложной, разветвленной структурой представляются биотехнологический, нанотехнологический и информационно-телекоммуникационный комплексы. В рамках таких межотраслевых обеспечивающих комплексов, включая рациональное природопользование, концентрируются так называемые порождающие технологии, то есть технологии с широким спектром применения, эффекты которых носят межотраслевой характер, и разработка которых требует часто междисциплинарных исследований.

Научно-техническая политика в сфере рационального природопользования, системное формирование которой станет возможным в результате создания профильной системы технологического прогнозирования и стратегического планирования, будет дополнять научно-технические политики отдельных отраслей экономики в части комплексных межотраслевых приоритетов технологического развития и порождающих технологий, не вписывающихся ни в одну конкретную отрасль, но находящих применение в широком спектре видов деятельности. Научно-техническая политика рационального природопользования позволит реализовывать междисциплинарные исследовательские инициативы, обеспечивать межотраслевые синергии и кластерные мультипликативные эффекты.



Создание системы технологического прогнозирования и стратегического планирования развития сферы рационального природопользования обеспечит возможность декомпозиции и детализации сведений о перспективных направлениях научно-технологического развития данной сферы, которые на национальном уровне представлены в агрегированном виде. Детализация результатов прогноза научно-технологического развития для сферы рационального природопользования и систематическая актуализация прогноза обеспечат возможность использования его результатов при формировании документов стратегического планирования различных уровней (от федерального, через отраслевой и региональный до муниципального с выходом также на стратегии развития компаний с государственным участием), включая распределение финансирования на конкретные мероприятия государственных программ.

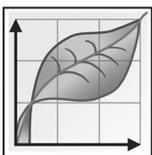
Для формирования описанной системы потребуются создание соответствующей институциональной инфраструктуры, включающей межведомственную рабочую группу для координации работы различных федеральных органов исполнительной власти. Потребуется постоянное участие в работе группы, по меньшей мере, двух федеральных министерств: Минприроды России и Минобрнауки России при эпизодическом участии ряда других структур, включая такие федеральные агентства, как Роснедра, Росводресурсы и Рослесхоз.

Система технологического прогнозирования и стратегического планирования развития рационального природопользования должна стать одним из отраслевых (межотраслевых) компонентов формирующейся национальной системы технологического прогнозирования и стратегического планирования.

На сегодняшний день данная национальная система формируется в результате активной работы на уровне Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти. В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» формируется национальная система технологического прогнозирования, ориентированная на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий. Формируются подзаконные акты Федерального закона от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», которые должны обеспечить в конечном счете формирование стройной системы государственного стратегического планирования. При этом прогноз научно-технологического развития выполняет роль модуля обеспечения взаимодействия между двумя формируемыми системами, в результате можно говорить о единой системе технологического прогнозирования и стратегического планирования.

Важным аспектом развития описанной системы является создание ее отраслевых компонентов. Отдельные федеральные органы исполнительной власти уже инициировали работы по созданию отраслевых систем технологического прогнозирования, формированию отраслевых технологических прогнозов и приоритетов развития, актуализации действующих отраслевых документов стратегического планирования. Так, Минэнерго России формирует концепцию Системы мониторинга и прогнозирования научно-технического прогресса в энергетике. Минздрав России завершает формирование перечней отраслевых критических технологий по предметам ведения. Минсельхоз России ведет подготовительные работы к разработке отраслевых прогнозов научно-технологического развития.

В ближайшие годы ожидается реализация значительно числа инициатив в области научно-технологического прогнозирования и для других отраслей, секторов, межотраслевых комплексов, в том числе для рационального природопользования.



Список литературы

Агibalов С., Кондратьев С., Салихов М. Мировой рынок нефтегазового оборудования // Объединенное машиностроение. 2010. № 1. С. 8–17.

Активность опасных ЭГП // Центр государственного мониторинга состояния недр ФГУГП «Гидроспецгеология» [Электронный ресурс]. URL: http://www.geomonitoring.ru/razvitie_egr.html (дата обращения: 15.05.2012).

Аналитические материалы к переговорному процессу по выработке нового соглашения «Копенгаген-2009» [Электронный ресурс]. URL: <http://p.120-bal.ru/doc/9420/index.html> (дата обращения: 21.04.2015).

Баренбойм Г.М. Мировой рынок экологических услуг и технологий: анализ состояния рынка, проблемы, перспективы и пути выхода отечественной продукции. М., 2007.

Барков С.Л., Грунис Е.Б., Хавкин А.Я. Современные проблемы нефтедобычи с применением инновационных технологий. Материалы научно-практической конференции «Опыт, перспективы и основные проблемы разработки и внедрения инновационных технологий ПНП», 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.deltaru.ru/konf-03.html> (дата обращения: 21.04.2015).

Белюсов Д.Р., Фролов И.Э. Долгосрочный научно-технологический прогноз: методологии построения, контуры технологического будущего, сценарии развития // Форсайт. 2008. № 3 (7). С. 54–66.

Бобров В.В., Варшавский А.А., Хляп Л.А. Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 232 с.

Боксерман А.А. России нужна эффективная стратегия развития нефтяной отрасли [Электронный ресурс] // Бурение и нефть. 2011. № 2. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2011-02/7> (дата обращения: 21.04.2015).

Веселков С. Интенсификация добычи нефти. Техничко-экономические особенности методов [Электронный ресурс] // Промышленные ведомости. 2007. № 1. URL: <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=1039&номер=38> (дата обращения: 21.04.2015).

Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 337 с.

Высоцкий В.И., Дмитриевский А.Н. Мировые ресурсы нефти и газа и их освоение [Электронный ресурс] // Российский химический журнал. Том LII. 2008. № 6. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2008-6/18.pdf> (дата обращения: 21.04.2015).

Глазовский Н.Ф., Кудинова Н.В., Одиноква Л.Ю. и др. Миграции населения в странах СНГ, связанные с опустыниванием и засухой. М.: ЮНЕП, 2000. 112 с.

Глобальная стратегия по выполнению Конвенции по биоразнообразию в 2010 г. [Электронный ресурс]. URL: www.cbd.int (дата обращения: 21.04.2015).

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2010 г.» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128810> (дата обращения: 23.04.2015).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г.» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128153> (дата обращения: 30.03.2013).

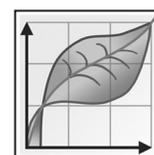
Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2013 г.» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=138762> (дата обращения: 28.04.2015).

Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.

Джексон К., Уоткинс Е. «Мусорная» политика ЕС: инструменты контроля // Твердые бытовые отходы. 2013. № 1 (79). С. 54–57.

Доклад Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. 21.03.2012 [Электронный ресурс]. URL: http://www.meteor.ru/press/news/241/?sphrase_id=46456 (дата обращения: 21.04.2015).

Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сы-



рьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья. Утверждена Приказом Минприроды России от 16.07.2008 № 151 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=20397> (дата обращения: 21.04.2015).

Долгосрочные приоритеты прикладной науки в России / под ред. Л.М. Гохберга. М.: НИУ ВШЭ, 2013. 120 с.

Дымников В.П., Филатов А.Н. Основы математической теории климата. М.: ВИНТИ, 1994. 252 с.

Ежегодный доклад секретариата Международной стратегии ООН по сокращению угрозы природных катастроф (UNISDR) и бельгийского научно-исследовательского центра по изучению стихийных бедствий CRED. 2012 г.

Затраты на охрану окружающей среды, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (дата обращения: 21.04.2015).

Защитим Арктику. Гринпис России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/protect-the-arctic/> (дата обращения: 21.04.2015).

Интенсификация добычи нефти и повышение нефтеотдачи: акустические технологии. UIS Engineering SA [Электронный ресурс]. URL: <http://engineering-progress.ru/ultrasonics/ukidn/statyi/art1/> (дата обращения: 21.05.2012).

Итоги 2012 г. для российского нефтегаза [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/2012/12/28/itogi-2012-goda-dlya-rossijskogo-neftegaza/> (дата обращения: 21.04.2015).

Карагодин Ю. О Баженовской свите // Эксперт. 2011. № 12 (746) [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/expert/2011/12/o-bazhenovskoj-svite/> (дата обращения: 21.04.2015).

Катенева Ю. Плата за выхлоп [Электронный ресурс]. URL: <http://1prime.ru/Politics/20120731/757387530.html?sp=2> (дата обращения: 21.04.2015).

Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: Наука/Интерпериодика, 2001. 351 с.

Кислов А.В. Климатология: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2011. 224 с.

Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М. и др. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления. М.: МАКС Пресс, 2008. 292 с.

Климатическая доктрина Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2010.

Климентьев Г., Алексева О. Киотский клуб для богачей [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gazeta.ru/business/2011/11/15/3835173.shtml> (дата обращения: 21.04.2015).

Ковалев Е.В. Обострение мировой продовольственной ситуации // Мировая экономика и международные отношения. 2009. № 9. С. 21–29.

Конвенция о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://www.obolensk.org/Science/Laws/Convention_biodiversity.htm (дата обращения: 21.04.2015).

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р [Электронный ресурс]. URL: http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/strategicplanning/concept/doc20081117_01 (дата обращения: 21.04.2015).

Кульчицкий В.В. Инновационные технологии освоения Арктического шельфа // Oil&Gas Journal Russia. 2008. № 6 (19). С. 62–66.

Курбатова А.С., Мягков С.М., Шныпарков А.Л. Природный риск для городов России. М.: Изд-во НИИПИ экологии города, 1997. 240 с.

Курс на зеленый рост. Резюме для лиц, принимающих решение. ОЭСР, 2011. 28 с.

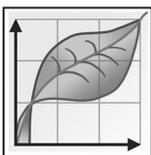
Ларионов В.Г., Шершнев Е.С. Проблемы больших городов на пороге XXI столетия // Российское предпринимательство. 2000. № 11 (11). С. 84–87.

Максимов В.Н. О современном состоянии нефтедобычи, коэффициенте извлечения нефти и методах увеличения нефтеотдачи [Электронный ресурс] // Бурение и нефть. 2011. № 2. URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2011-02/6> (дата обращения: 23.04.2015).

Малхазова С.М., Шартова Н.В., Крайнов В.Н. Опыт прогнозирования эпидемиологических параметров по малярии на территории России в XXI веке // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2012. № 1. С. 7–11.

Мальтус Т. Опыт закона о народонаселении. М., 1895 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/knigi/maltus/maltus.html> (дата обращения: 23.04.2015).

Мессер А., Повалихин А. Перспективные технологии бурения скважин. 02.10.2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://top-drive.ru/ru-articles-03.html> (дата обращения: 23.04.2015).



Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; науч. ред. С.М. Семенов. М.: Росгидромет, 2012. 511 с.

Монделло Ч., Хейнер Дж. Ф., Вильямсон Р.А. Прогноз развития рынка данных дистанционного зондирования на десятилетие. 2005 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scanex.ru/ru/publications/pdf/publication5.pdf> (дата обращения: 24.04.2015)

На горизонте 2050 год – миллиарды потребуются на сельское хозяйство. 08.10.2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/news/story/ru/item/36123/icode/> (дата обращения: 23.04.2015).

Нефтегазовое освоение Арктики: какой ценой? Доклад 27 сентября 2011 [Электронный ресурс]. URL: http://www.greenpeace.org/russia/ru/press/reports/Gas_oil_development/ (дата обращения: 23.04.2015).

Обзор деятельности Росгидромета за 2011 год. М.: ВНИИГМИ-МЦД, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://mete.ru/publications/124-roshydromet-review> (дата обращения: 23.04.2015).

Обзор мирового рынка ДЗЗ Forecast International: государственные нужды провоцируют рост рынка данных космической съемки. ГИС-Ассоциация [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gisa.ru/62385.html> (дата обращения: 23.04.2015).

Обзор современных методов повышения нефтеотдачи пласта. НИК «Петрос». 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://petros.ru/worldmarketoil/?action=show&id=267> (дата обращения: 23.04.2015).

О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2008/06/07/ukaz-dok.html> (дата обращения: 23.04.2015).

Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 г. Утверждены Президентом РФ 30.04.2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/15177> (дата обращения: 23.04.2015).

Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом РФ 18.09.2008 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2009/03/30/arktika-osnovy-dok.html> (дата обращения: 23.04.2015).

О перспективах добычи в России угольного газа. ОАО «Газпром» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/extraction/metan/> (дата обращения: 23.04.2015).

О перспективах добычи угольного газа в России, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tvnedra.ru/dobichaugolngaza2012.pdf> (дата обращения: 07.12.2012).

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с.

Оценка экономической эффективности модернизации сети станций приема данных ДЗЗ из космоса [Электронный ресурс] // Инженерно-технологический центр «СканЭкс». Классификатор тематических задач, решаемых с помощью материалов дистанционного зондирования Земли. URL: http://scanex.ru/ru/classificator/pdf/pril_6.pdf (дата обращения: 23.04.2015).

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2008. 28 с.

Панъевропейская стратегия ландшафтного и биологического разнообразия. София, 1995.

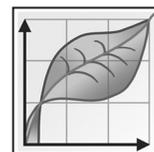
Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы. М., 2013 [Электронный ресурс]. URL: mnr.gov.ru/upload/files/docs/programma_fzp.doc (дата обращения: 23.04.2015).

Перспективы окружающей среды ОЭСР на период до 2050 года: Последствия бездействия. Резюме. ОЭСР, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://www.oecd.org/env/outreach/OECD%20outlook%20to%202050_Highlights_RUS.pdf (дата обращения: 23.04.2015).

Перспективы энергетических технологий. ОЭСР, 2006 [Электронный ресурс]. URL: [wwf.ru/data/pub/climate/perspective_20x27-new.pdf](http://www.wwf.ru/data/pub/climate/perspective_20x27-new.pdf) (дата обращения: 23.04.2015).

Пилясов А. Научные исследования и инновации в арктическом регионе. Российский Совет по международным делам [Электронный ресурс]. URL: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=700 (дата обращения: 09.09.2012).

Понкратьев П.А. Использование возобновляемых источников энергии – основа повышения энергоэффективности электроэнергетики. Круглый стол, Госдума РФ, 03.11.2010.



Порфирьев Б.Н., Катцов В.М., Рогинко С.А. Изменения климата и международная безопасность / РАН, Отд-ние обществ. наук. М.: Д'АРТ, 2011. 290 с.

Пояснительная записка к дорожной карте «Использование нанотехнологий в сфере очистки питьевой воды для населения» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusnano.com/upload/OldNews/Files/34154/current.pdf> (дата обращения: 23.04.2015).

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/media/files/41d4b737638b91da2184.pdf> (дата обращения: 13.03.2014).

Прогноз чрезвычайной обстановки на территории Российской Федерации на 2012 год. МЧС России, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosman.ru/economics?news=21889> (дата обращения: 23.04.2015).

Проект Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19188 (дата обращения: 21.04.2013).

Пуртова И.П., Вариченко А.И., Штуров И.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Наука и ТЭК. 2011. № 6. С. 21–26.

Ревич Б.А., Малеев В.В. Потепление климата – возможные последствия для здоровья населения // Климатические изменения: взгляд из России. М.: ТЕИС, 2003. С. 99–137.

Романова Т. Что такое политическая экология? От практики к теории и стратегии [Электронный ресурс] // Россия в глобальной политике. 2010. № 5. URL: <http://www.globalaffairs.ru/number/Chto-takoe-politicheskaya-ekologiya-15022> (дата обращения: 23.04.2015).

Смирнов А.Д., Бивалькевич А.И., Стрелков А.К. и др. Эффективность и экономическая целесообразность промышленных методов обеззараживания сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 1.

Современные глобальные изменения природной среды: в 4 т. Т. 4. Факторы глобальных изменений / МГУ им. М.В. Ломоносова; РАН. М.: Научный мир, 2012. 540 с.

Соколов А.В. Форсайт: взгляд в будущее // Форсайт. 2007. Т. 1. № 1. С. 8–15.

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

Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2005. 28 с.

Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1985. 308 с.

Сценарные условия долгосрочного прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года. М.: МЭР РФ, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/macro/prognoz/doc20120428_0010 (дата обращения: 23.04.2015).

Технологическая платформа «Глубокая переработка углеводородных ресурсов» [Электронный ресурс]. URL: www.techplatforma.ru (дата обращения: 24.04.2015).

Тишков А.А. Экологические последствия вступления России в ВТО. 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://trade.eoaccord.org/docs/tishkov.htm> (дата обращения: 15.01.2013).

Топливный рынок России. К докладу Министра энергетики Российской Федерации Шматко С.И. на Правительственном часе Государственной думы Российской Федерации 02.12.2009.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/03/23/strategia.pdf> (дата обращения: 24.04.2015)

Управление водными ресурсами России. М.: АМА-ПРЕСС, 2008. 287 с.

Хавкин А.Я. Наноявления в нефтегазодобыче // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 6. С. 519–522.

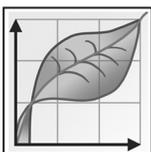
Хавкин А.Я. Наноявления и нанотехнологии в добыче нефти и газа. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ин-т компьютерн. исслед., 2010. 692 с.

Шварц Е. Неудачный ответ на «углеродный протекционизм». 18.03.2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wwf.ru/news/article/6240> (дата обращения: 23.04.2015).

Шматко С.И. Доклад по вопросу Генеральной схемы развития нефтяной отрасли на период до 2020 года (28.10.2010).

Шныпарков А.Л., Грязнова В.В., Данилина А.В. и др. Селевой риск в России // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2009». Т. 2. М.: РУДН, 2009. С. 39–44.

Экологическая доктрина Российской Федерации. 2002 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/24.html> (дата обращения: 23.03.2011).



Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири / под ред. Н.С. Касимова и А.В. Кислова. М.: МАКС Пресс, 2011. 496 с.

Электромобили в России: прорыв-2012 // Энергополис. 2012. № 12. С. 66.

21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues. Alcamo J., Leonard S.A. (Eds.). UNEP, Nairobi, Kenya. 2012. 56 p.

2004 Survey of Energy Resources. World Energy Council. 2004 [Электронный ресурс]. URL: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_Survey-of-Energy-Resources_2004_WEC.pdf (дата обращения: 28.04.2015).

2012 Electric Car Sales Forecast // The Street [Электронный ресурс]. URL: <http://www.thestreet.com/story/11606766/1/2012-electric-car-sales-forecast.html> (дата обращения: 28.04.2015).

Agenda 21 for the Travel & Tourism Industry. Towards Environmentally Sustainable Development [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agora21.org/johannesburg/rapports/omt-a21.html> (дата обращения: 27.04.2015).

Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2008.

Alberta's Oil Sands: Key Issues and Impacts. 18.07.2008 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mapleleafweb.com/features/alberta-s-oil-sands-key-issues-and-impacts> (дата обращения: 27.04.2015).

Andersen J.B. Norden The Green Valley of Europe: Global Trends For Electric Vehicles [Электронный ресурс]. URL: <http://www.slideshare.net/JornBangAndersen/electric-vehicle-transport-global-trends> (дата обращения: 28.04.2015).

Babbitt B. Problems of invasive species // Science in wildland weed management // Proceedings of the National weed symposium. Colorado, USA, 1998. P. 2.

Barlow M. Blue Covenant. The Global Water Crisis and the Coming Battle for the Right to water. New York, London, 2007. P. 3.

BP Statistical Review of World Energy. June 2011.

BP Statistical Review of World Energy. June 2012.

BP Statistical Review of World Energy. June 2013.

BP Statistical Review of World Energy. June 2014.

Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute, 2007. P. 10.

Challenging Europe's Research: Rationales for the European Research Area (ERA). Report of the ERA Expert Group. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2008. 52 p.

Clapp J., Cohen M.J. The Global Food Crisis: Governance Challenges and Opportunities, Wilfrid Laurier University Press, 2009.

Climate Change and Human Health – Risks and Responses. WHO. Geneva, 2003.

Densing M., Turton H. Global Energy Scenarios 2050 of the World Energy Council // Energy Economics Group, Laboratory of Energy Analysis, Paul Scherrer Institute (PSI), Switzerland [Электронный ресурс]. URL: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2013/iew2013/presentations/parallelsessions/d/D2paperDensing.pdf> (дата обращения: 28.04.2015).

EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resources Assessment, June 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eia.gov/conference/2013/pdf/presentations/kuuskraa.pdf> (дата обращения: 24.04.2015).

Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction. OECD, 2012. 350 p.

Environmental statistics and accounts in Europe. Luxemburg: Publication Office of the European Union. 2010. 342 p.

Extinction rates / Lawton, J.H. and R.M. May (eds.). Oxford University Press, Oxford, 1995.

Gallup World Poll: the Many Faces of Global Migration, IOM and Gallup, 2011.

Global Environmental Outlook 4. UNEP, 2007.

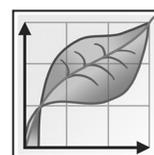
Global Environment Outlook 5. UNEP, 2012.

Global Governance Project. 2012. Forum on Climate Refugees [Электронный ресурс]. URL: <http://www.glogov.org/?pageid=80> (дата обращения: 28.04.2015).

Global Forest Resources Assessment, 2010. Rome: FAO, 2010.

Global Transport Scenarios 2050 / World Energy Council – Paul Scherrer Institute, 2011 [Электронный ресурс] URL: http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec_transport_scenarios_2050.pdf (дата обращения: 01.02.12).

Global Trends 2025: A Transformed World. NIC, Washington, 2008.



iom.int [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iom.int/cms/climateandmigration> (дата обращения: 20.10.2012).

GreenTech made in Gemany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas fur Deutschland. Bonn: BMU, 2012.

Houghton R. A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions // *Tropical Deforestation and Climate Change*. Ed. Mutinho and Schwartzman. Belem: IPAM, 2005.

Invention and Transfer of Environmental Technologies. OECD Studies on Environmental Innovations. 2011.

Kumar Das, Sanyal K., Basu. A. Study of urban community survey in India: growing trend of high prevalence of hypertension in a developing country // *Int. J. Med. Sci.* 2005. No. 2(2). P. 70–78.

Meeting Global Challenges through Better Governance. Policy Brief. OECD, 2012.

Miles I. The Development of Technology Foresight: A Review // *Technological Forecasting and Social Change*. 2010. Vol. 77, no. 9: 1448–1456.

Michael E.; Spear R.C. Modelling Parasite Transmission and Control. *Advances in experimental medicine and biology*. Vol. 673, 2010.

Modern shale gas development in the United States: A Primer. April 2009. 115 p.

Morgenstern R., Pizer W., Shih J.-S. Are we overstating the real economic costs of environmental protection? Washington DC, Resources for the Future, Discussion Paper. 1997, no. 97–36.

Molina, L.T., Molina., L.J. Air Quality in Mexico Megacity. An Integrated Assessment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 384 p.

Myers N. Environmental Refugees: A Growing Phenomenon of the 21st Century. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 357, no. 1420 (2002): 609 and 611.

Lee H., Lovellette G. Will Electric Cars Transform the U.S. Vehicle Market? // *An Analysis of the Key Determinants* // Belfer Center for Science and International affairs [Электронный ресурс]. URL: http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/21216/will_electric_cars_transform_the_us_vehicle_market.html (дата обращения: 28.04.2015).

NanoECO. Nanoparticles in the Environment. Implications and Applications 2–7 March, 2008. Centro Stefano Franscini Monte Verità Ascona, Switzerland.

OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction [Электронный ресурс]. URL: http://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-environmental-outlook-to-2050_9789264122246-en (дата обращения: 28.04.2015).

OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020. OECD Publishing, FAO, 2011.

Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. 3rd edition 2005 [Электронный ресурс]. URL: www.oecd.org/sti/oslomanual (дата обращения: 28.04.2015).

Pearce D., Palmer C. Public and Private Spending for Environmental Protection: A Cross-Country Policy Analysis // *Fiscal Studies*. 2001. Vol. 22, no. 4, pp. 403–456.

Pfeiffer D.A. Eating Fossil Fuels: Oil, Food and the Coming Crisis in Agriculture. New Society Publishers, 2006.

Putting a Price on Global Environmental Damage. Principles for Responsible Investment and UNEP Finance Initiative. UNEP, Oct. 2010

REN21. Renewables 2011 Global Status Report. Paris, REN21 Secretariat, 2011.

Renewable Energy Data Book. //National renewable energy laboratory // U.S. Department of Energy [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nrel.gov/analysis/pdfs/51680.pdf> (дата обращения: 04.05.2011).

Ricardo study finds electric and hybrid cars have a higher carbon footprint during production than conventional vehicles, but still offer a lower footprint over the full life cycle // *Green car congress* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.greencarcongress.com/2011/06/lowcvp-20110608.html>.

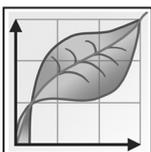
Robins N., Clover R., Singh C. A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green. HSBC Global Research, 2009 [Электронный ресурс]. URL: http://globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf.

Seliverstov Yu.G., Glazovskaya T.G., Shnyparkov A.L. et al. Assessment and mapping of snow avalanche risk in Russia // *Annals of Glaciology*. 2008. Vol. 49, pp. 205–209.

Stern N., et al. Stern Review: The Economics of Climate Change, HM Treasury, London, 2006.

Tanzi V., Schuknecht, L. Public Spending in the Twentieth Century: A Global Perspective. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming The Economics of Nature: a Synthesis of The Approach, Conclusions and Recommendations of ТЕЕВ. ТЕЕВ 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unep.org/pdf/LinkClick.pdf> (дата обращения 28.04.2015).



The European Environment – State and Outlook 2010: Assessment of Global Megatrends. EEA, 2011.

The IWMI Global Water Scarcity Study, 2000 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lk.iwmi.org/resarchive/wsmmap.htm>.

The Russian Federation Forest Sector. Outlook Study to 2030. Rome: FAO, 2012.

Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. OECD, 2011.

van Lieshout M., Kovats R.S., Livermore M.T.J., Martens P. Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14 (2004), 87–99.

Vikhanskiy O., Churkina N., Zaverskiy S. Business Response to Environmental Challenges: Three Cases of Russian Industrial Companies // *Oñati Socio-Legal Series* 2012, May 22. Vol. 2, № 3.

Voelcker J. Plug-in Car Sales Soar in March, led by Shevrolet Volt. *Green Car Reports*. Retrieved 2012-04-03 «Plug-In Car Sales Soar In March, Led By Chevrolet Volt».

Why environmental externalities matter to institutional investors. UNEP. October 2010 [Электронный ресурс]. URL: http://www.unepfi.org/fileadmin/documents/universal_ownership.pdf (дата обращения: 27.04.2015).

World Economic Forum Water Initiative. Draft for Discussion at the World Economic Forum Annual Meeting. 2009.

World Energy Outlook. 2010 Edition. International Energy Agency, 2010.

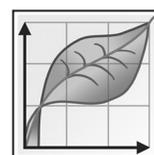
World Urbanization Prospects: The 2007 Revision. UN Population Division/DESA, CD-Rom, 2008.

World Shale Gas Resources // USDOE EIA / June 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eia.gov>.

World Urbanization Prospects, the 2011 Revision. Final Report with Annex Tables. UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: New York, 2012.

UNWTO Tourism Highlights 2012. Madrid: UNWTO, 2012.

Zhang F., Li L., Krafft T., et al. Study on the association between ambient air pollution and daily cardiovascular and respiratory mortality in an urban district of Beijing // *Int J Environ Res Public Health*. 2011 Jun; 8 (6): 2109–2123.



Научное издание

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ:
ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

Ответственный за выпуск *А.Н. Кожевников*

Редакторы *С.Ю. Агафонова,*

Корректор *Т.Б. Слизун*

Дизайнеры *А.В. Клюкин, А.В. Наволоцкий*

Подписано в печать 00.05.2015. Формат 60×90/16.

Усл. печ.л. 8,25. Тираж 700 экз. Заказ №

ООО «Издательство «ВАРСОН»

Россия, 107553, г. Москва, ул. Б.Черкизовская, д. 30А, стр. 1

Тел.: (495) 785-25-99, факс (495) 785-25-95

www.varson.ru e-mail: info@varson.ru

Отпечатано в.....