

# Научно-технологические приоритеты для модернизации российской экономики

А.Ю. Позняк\*, С.А. Шашнов\*\*



Последнее десятилетие характеризуется резким ростом влияния науки и технологий, обусловленным интенсификацией процессов создания и распространения знаний и активизацией инновационной деятельности. В этих условиях результативность государственной политики в значительной степени зависит от того, насколько правильно выбраны национальные ориентиры развития, в какой мере эффективны механизмы выбора научно-технологических приоритетов и какие инструменты используются для их реализации.

\* Позняк Анна Юрьевна — научный сотрудник, Лаборатория исследований науки и технологий, ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. E-mail: apoznyak@hse.ru

\*\* Шашнов Сергей Анатольевич — заведующий отделом стратегического прогнозирования, ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. E-mail: shashnov@hse.ru

## Введение

Определение приоритетов развития науки и технологий в последние десятилетия стало одним из ключевых элементов научно-технической и инновационной политики. Как свидетельствует практика, они могут встраиваться в различные инструменты политики — как существующие стратегические документы, федеральные целевые программы и др., так и в новые (технологические платформы [Рудник, 2011], программы инновационного развития компаний с государственным участием, программы развития инновационной инфраструктуры вузов и др.). Выявление и реализация стратегически важных направлений исследований и разработок (ИиР) может стать ответом на появляющиеся вызовы глобального или национального характера.

В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть результаты работы по пересмотру перечней приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и критических технологий Российской Федерации, принятых в 2006 г. и положенных в основу федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы». Правила их формирования, корректировки и реализации предполагают пересмотр каждые четыре года<sup>1</sup>, и указанный проект, выполнявшийся в 2009–2010 гг. по заказу Минобрнауки России, стал очередным раундом корректировки действующих перечней.

Подходы к определению научно-технологических приоритетов в ведущих странах мира претерпевали существенные изменения по мере развития моделей и инструментов научно-технической политики. В ранних, более простых моделях политики, предполагавших ключевую роль государства в развитии сферы науки и технологий, основным объектом государственной поддержки являлись фундаментальные исследования. Поэтому определение приоритетов имело своей целью повышение эффективности бюджетного планирования в данной области. С использованием новых моделей управления, в которых учитываются различные аспекты практического применения технологий, обратные связи между рынком, производством и научно-технологической сферой, а также предполагается учет интересов реального сектора экономики, бизнеса и потребителей при формировании политики, процессы выбора приоритетов стали принимать более сложные формы.

В современных условиях при выборе научно-технических приоритетов основное внимание фокусируется на решении стратегических проблем социально-экономического развития, обеспечении эффективного использования национальных конкурентных преимуществ, концентрации усилий на практической реализации технологий в виде инновационных товаров и услуг. Это приводит к усложнению критериев выбора приоритетов и необходимости значительного расширения круга экспертов, привлекаемых

**Приоритетное направление развития науки, технологий и техники** — тематическое направление межотраслевого (междисциплинарного) значения, способное внести наибольший вклад в ускорение экономического роста, обеспечение безопасности страны, повышение ее конкурентоспособности за счет развития технологической базы экономики и наукоемких производств.

**Критическая технология** — комплекс межотраслевых (междисциплинарных) технологических решений, которые создают предпосылки для развития различных технологических траекторий, имеют широкий потенциальный круг конкурентоспособных инновационных приложений в разных отраслях экономики и вносят в совокупности наибольший вклад в реализацию приоритетных направлений развития науки, технологий и техники.

к процессу их отбора. Очевидно также, что установление приоритетов в сфере науки и технологий должно рассматриваться в контексте выработки долгосрочной стратегии устойчивого социально-экономического развития.

Ограниченность ресурсов требует выбора наиболее предпочтительных векторов научно-технологического прогресса, а его динамичность, в свою очередь, предполагает их периодический пересмотр. Как правило, приоритеты определяются на среднесрочную перспективу (до 10 лет) с использованием метода «критических технологий». Это позволяет оценить важнейшие входящие в их состав направления, технические решения, сферы применения, ключевые перспективные инновационные продукты, а также меры государственной поддержки.

## Зарубежный опыт

Одним из первых исследований, в значительной степени определивших последующие подходы к формированию научно-технологических приоритетов, стала работа [Popper et al., 1998], в которой была дана теоретическая интерпретация понятия «критическая технология». В качестве основного критерия отнесения технологий к разряду критических было предложено рассматривать их повсеместное использование в различных секторах промышленности.

Сложившаяся в настоящее время практика предусматривает выделение четырех типов приоритетов в области научно-технической и инновационной политики [Harper, 2010]:

- 1) макроприоритеты, производные от политических, экономических и социальных факторов;
- 2) тематические приоритеты, затрагивающие конкретные области науки, техники и технологий;
- 3) функциональные приоритеты, относящиеся к научной и инновационной системам в целом;

<sup>1</sup> Правила формирования, корректировки и реализации Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и Перечня критических технологий Российской Федерации (утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2008 г. № 340).

4) целевые приоритеты, ориентированные на достижение социально-экономических целей.<sup>2</sup>

Значительное внимание выбору тематических приоритетов научно-технологического развития уделяется в Европейском Союзе. Показательным примером в этом отношении служит **Европейская программа мониторинга Форсайт-проектов** (European Foresight Monitoring Network<sup>3</sup>). В ее рамках в 2005 г. проводилась серия исследований по 15 ключевым научно-технологическим направлениям (информационные, био- и нанотехнологии, производственные системы и др.)<sup>4</sup>, целью которых являлось формирование общего видения их развития в Европе в долгосрочной перспективе. Для каждого из них были выявлены социально-экономические вызовы, осуществлен SWOT-анализ, рассмотрен уровень европейских ИиР в сравнении с конкурентами, отобраны критические технологии.

Затем в рамках платформы был инициирован проект по выявлению «возникающих технологий» (emerging technologies), способных обеспечить мировое лидерство ЕС, и определению новых приоритетов научной и инновационной политики, оценке их сопряженности с социально-экономическими целями [European Commission, 2006]. Оценка отобранных технологий производилась по двум базовым показателям: индексу важности и величине потенциальных социально-экономических эффектов. Рассматривались четыре ключевых направления развития науки и технологий — наноиндустрия, живые системы, ИКТ, устойчивое развитие, — в рамках которых изначально предлагались 104 технологии. Из их числа были выбраны те, которые отличались наиболее высоким уровнем фундаментальных исследований и инновационным потенциалом, а также временным лагом, предшествующим их «созреванию», в пределах 10–15 лет.

Итогом проекта стал перечень из 40 важнейших возникающих технологий (преимущественно в области «живых систем»), характеризовавшихся максимальными значениями указанных показателей. Далее они дополнительно оценивались по следующим параметрам:

- уровень ИиР в ЕС по сравнению с конкурентами — США и Японией;
- экономические аспекты (материально-техническая база, уровень конкурентоспособности, рыночный потенциал и т. п.);
- социальные факторы (этические вопросы, информированность, степень восприятия населением и т. д.);
- научный потенциал (возможности трансфера технологий, инфраструктура науки, образовательная система и др.);
- политические условия (налоговая политика, стандарты, регулирование и пр.).

Для каждой из отобранных технологий были разработаны микросценарии в контексте различных вариан-

тов реализации научно-технической и инновационной политики в Европе.

Другая важнейшая межстрановая инициатива — **Седьмая рамочная программа научных исследований, технологического развития и демонстрационной деятельности** (7РП), действующая с 2007 г. и определяющая ориентиры инновационного развития Евросоюза. Они идентифицируются исходя из необходимости решения важнейших социально-экономических и экологических проблем, что можно проиллюстрировать на примере блока «Сотрудничество», ставящего целью финансирование прикладных и фундаментальных исследований в 48 тематических областях, распределенных по десяти направлениям.

На национальном уровне интерес представляет опыт **Франции** [Louvet, 2000; MEFI, 2006, 2011]. Перечень критических технологий здесь был впервые разработан еще в 1995 г. и в дальнейшем обновлялся каждые пять лет. Недавно завершился очередной раунд их корректировки (с горизонтом до 2015 г.)<sup>5</sup>, проходивший в несколько этапов. При этом ставилась задача определения стратегических для французской экономики научных направлений и оценки потенциальных возможностей для их развития. Вначале была сформулирована методология исследования, организован пул из 250 экспертов, проведен анализ состояния секторов экономики и рассмотрены перспективные ориентиры. Далее проводились экспертные интервью с целью определения «кандидатов» на включение в окончательный перечень критических технологий.

По результатам проведенных работ был сформирован список из семи приоритетных направлений и 85 критических технологий, дана их детальная характеристика, предложены рекомендации по развитию. Так, для каждой из них были определены:

- сферы применения;
- основные цели;
- ожидаемые эффекты;
- уровень национальных ИиР;
- организации, ответственные за создание и продвижение разработок на мировой уровень;
- условия развития и распространения, соответствующие рекомендации по мерам политики;
- взаимосвязь с другими критическими технологиями.

Отобранные научно-технологические приоритеты задают ориентиры для научно-технической и инновационной политики Франции до 2015 г.

## Российская практика

В России приоритетные направления<sup>6</sup> и критические технологии<sup>7</sup> впервые были установлены в 1996 г. и с тех пор несколько раз пересматривались. Для первых раундов была характерна тенденция к выбору значительного числа приоритетных направлений и критических техно-

<sup>2</sup> В данной статье будет подробно рассмотрена практика выбора тематических научно-технологических приоритетов.

<sup>3</sup> В 2009 г. была преобразована в European Foresight Platform.

<sup>4</sup> <http://cordis.europa.eu/foresight/conference-2005.html>

<sup>5</sup> <http://www.industrie.gouv.fr/tc2015/index.php>

<sup>6</sup> См.: Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (утверждены Президентом РФ 30.03.2002 № Пр-577 и 21.05.2006 № Пр-843).

<sup>7</sup> См.: Критические технологии Российской Федерации (утверждены Президентом РФ 30.02.2002 № Пр-578 и 21.05.2006 № Пр-842).

логий в стремлении учесть практически все важнейшие технологические области.

Так, в версии 1996 г. были отображены семь приоритетных направлений и 70 критических технологий (в среднем на одно направление приходилось 10 технологий), в исследовании 2002 г. — восемь приоритетных направлений и 52 критические технологии (в среднем на одно направление — менее шести технологий). Столь значительное число критических технологий было обусловлено как сильными лоббистскими возможностями различных ведомств, так и отсутствием достаточно прозрачных процедур отбора приоритетов.

В последние годы процесс выбора национальных приоритетов синхронизируется с общемировыми подходами, ориентированными на уменьшение количества критических технологий. Это связано с тем, что спектр ИиР неуклонно расширяется, а их финансирование увеличивается значительно меньшими темпами. Как следствие, возникает необходимость введения своего рода «мобилизационного режима», при котором ресурсы концентрируются на ограниченном числе ключевых направлений, способных в длительной перспективе обеспечить стратегические преимущества и ответ на глобальные и национальные вызовы. Кроме того, все большая прозрачность процедуры отбора приоритетов позволяет не включать в их число те направления и технологии, которые имеют преимущественно отраслевой характер.

Стратегические приоритеты процесса модернизации должны опираться на широкий спектр перспективных областей ИиР. Поэтому возникает необходимость определения важнейших трендов научно-технологического развития с использованием результатов долгосрочных прогнозов.

В 2006 г. на основе экспертных исследований, выполненных по методологии Форсайта, был подготовлен перечень из восьми приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и 34 критических технологий РФ (в среднем — четыре критические технологии на одно приоритетное направление). Процесс их отбора детально рассматривался на страницах журнала «Форсайт» [Соколов, 2007а, 2007б; Шаинов, 2007]. В своей основе он предполагает: сбор и анализ информации с целью выявления ключевых научно-технологических трендов и вызовов, экспертную оценку полученных результатов, идентификацию перспективных направлений, их корректировку и конкретизацию на уровне соответствующих перечней критических технологий.

В 2007–2008 гг. в России по заказу Минобрнауки впервые с использованием методологии Форсайта был осуществлен комплексный проект по разработке долгосрочного прогноза научно-технологического развития страны на период до 2025 г. Центральным его элементом стало проведение широкомасштабного исследования по методу Дельфи (с привлечением более 2000 экспертов), направленного на определение долгосрочных перспектив научно-технологического развития России. В результате была создана обширная информационная база, отражающая долгосрочные тенденции развития науки и технологий в России и за рубежом [Соколов, 2009].

Перспективные оценки развития науки и технологий до 2030 г. в сочетании с перечнем критических технологий 2006 г. использовались для обоснования новых приоритетов в 2009 г. Модифицированный перечень критических технологий был значительно сокращен по сравнению с версией 2006 г.

Все указанные выше проекты (2006–2010 гг.) базировались на единой методологии Форсайта, а результаты более ранних инициатив использовались в последующих исследованиях с целью формирования единых рекомендаций по совершенствованию государственной научно-технической и инновационной политики. Что более важно, последний раунд отбора приоритетов отличался от предыдущих еще и ярко выраженной практической направленностью. В центре внимания экспертов в первую очередь были оценка потенциального спроса на инновационные продукты и определение соответствующих ключевых технологий, с помощью которых они могут быть произведены, а также научно-производственный потенциал российских организаций. Принципы выявления приоритетов суммированы на рис. 1.

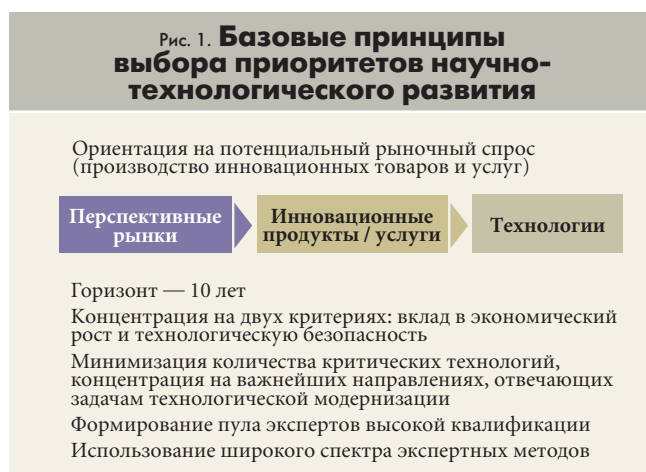
Процесс корректировки приоритетов и критических технологий был сфокусирован, прежде всего, на тех направлениях ИиР, которые имеют потенциал оперативной коммерциализации и способны обеспечить значительный социально-экономический эффект.

В основу корректировки были положены следующие критерии:

- вклад в ускорение роста ВВП, улучшение его структуры и повышение конкурентоспособности российской экономики;
- обеспечение национальной безопасности России, включая ее технологические, экологические, энергетические, продовольственные и информационные аспекты.

В эту процедуру были вовлечены шесть экспертных групп по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники гражданского назначения, установленным в 2006 г. При формировании экспертного пула учитывались:

- библиометрический анализ научной деятельности, отражающий публикационную активность, индекс цитируемости и другие показатели;
- данные об участниках наиболее масштабных проектов, предоставленные научными фондами;



- рекомендации Минобрнауки России, других органов исполнительной власти и государственных академий наук;
- информация о ведущих научно-исследовательских центрах и производственных компаниях;
- метод кономинации.

В общей сложности к экспертизе были привлечены более 250 экспертов высшей квалификации — специалисты научно-исследовательских организаций, высших учебных заведений, члены экспертных советов Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России, руководители проектов, реализуемых в рамках федеральных и ведомственных целевых программ, представители промышленных предприятий, бизнес-сообщества, фондов поддержки научной и научно-технической деятельности и других организаций.

Процедура корректировки приоритетных направлений и критических технологий проходила в два этапа (рис. 2).

**Первый этап** подразумевал проведение подготовительных мероприятий и формирование аналитической базы, включая:

- предложения по уточнению перечней приоритетных направлений, критических технологий и важнейших инновационных продуктов, разработанные федеральными органами исполнительной власти и отраслевыми академиями наук;
- итоги экспертного опроса, проведенного с целью формирования предварительного перечня инновационных продуктов;
- задачи социально-экономического развития, представленные в программных документах;
- результаты долгосрочного прогноза научно-технологического развития.

Новым методическим моментом при выборе научно-технологических приоритетов стал анализ итогов дол-

Рис. 2. **Схема процесса корректировки перечней приоритетных направлений и критических технологий РФ**



госрочного прогноза с применением метода Дельфи для выявления потенциального спроса на инновационные разработки. С этой целью использовались следующие показатели:

- время появления научного решения;
- индекс важности;
- суммарный эффект (усиление позиций на мировых рынках, встраивание в глобальные цепочки создания стоимости, повышение конкуренции на внутренних рынках и вклад в решение социальных проблем);
- уровень ИиР по сравнению с мировым.

Значения данных параметров для тем прогноза, выделенных на основе опроса Дельфи, по различным приоритетным направлениям приведены на рис. 3 и 4.

В качестве потенциально инновационных и востребованных разработок рассматривались темы со сроками реализации до 2020 г. и с высокими значениями индекса важности (нижний правый квадрант на рис. 3), а также с наибольшими значениями суммарного эффекта и уровня разработки (верхний правый квадрант на рис. 4). Методология расчета используемых показателей отражена во врезке.

Согласно полученным результатам, темы направлений «Живые системы» и «Медицина и здравоохранение» характеризуются высоким уровнем значимости; соот-

Индекс важности CI рассчитывается по формуле:

$$CI = \frac{100 \cdot Q_{high} + 50 \cdot Q_{med} + 25 \cdot Q_{low}}{Q_{total}}$$

где:

$Q_{high}$  — число респондентов, определивших степень важности как «высокая»

$Q_{med}$  — число респондентов, определивших степень важности как «средняя»

$Q_{low}$  — число респондентов, определивших степень важности как «низкая»

$Q_{total}$  — общее число респондентов.

Максимально возможное значение индекса — 100, минимальное — 0.

Индекс исследований и разработок  $I_{R\&D}$  рассчитывается по формуле:

$$I_{R\&D} = \frac{100 \cdot Q_{R=W} + 50 \cdot Q_{R<W} + 25 \cdot Q_{R<<W}}{Q_{total}}$$

где:

$Q_{R=W}$  — число респондентов, выбравших оценку «соответствует мировому уровню»

$Q_{R\leq W}$  — число респондентов, посчитавших, что уровень российских ИиР «уступает мировому, но в отдельных областях сопоставим»

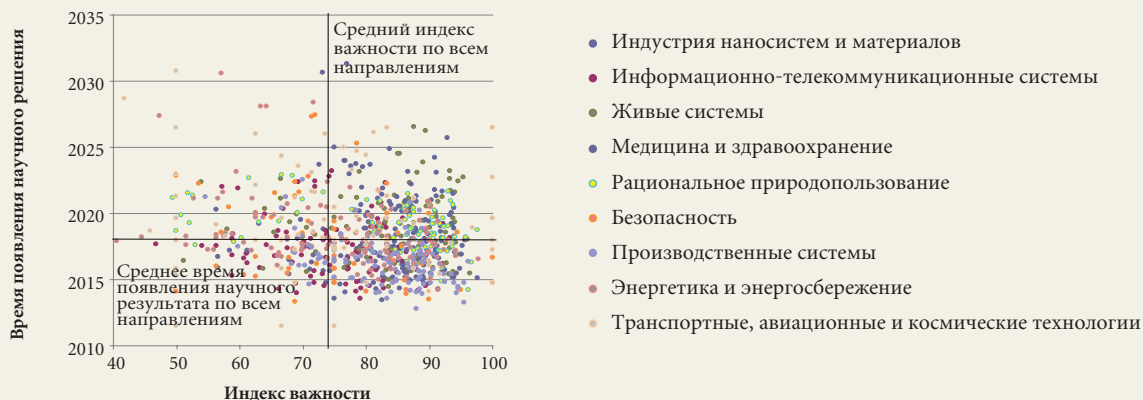
$Q_{R<<W}$  — число респондентов, ответивших «значительно уступает мировому уровню»

$Q_{total}$  — общее число респондентов.

Максимальное возможное значение индекса — 100, минимальное — 0.

Суммарный эффект рассчитывается как сумма долей экспертов, выбравших один из возможных результатов реализации крупных проектов в данной области. Максимально возможное значение суммарного эффекта — 4, минимальное — 0.

Рис. 3. Экспертная оценка важности тем прогноза для России и времени появления научного решения



ответственно в этих областях можно ожидать реализации наиболее востребованных инновационных проектов, в первую очередь, в сфере диагностики и профилактики заболеваний, геномных и постгеномных технологий создания лекарственных средств. Направление «Рациональное природопользование» имеет столь же высокий уровень важности, целый ряд разработок здесь соответствуют мировому уровню, в частности технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы. Российские разработки по направлению «Энергетика и энергосбережение» имеют индекс ИиР выше среднего. В первую очередь, это относится к перспективным работам в атомной энергетике. Многие темы в составе данного направления получили высокую оценку суммарного эффекта и индекса важности. Направление «Информационно-телекоммуникационные системы» имеет средние показатели важности и суммарного эффекта, но в целом отстает по уровню ИиР. В среднесрочной перспективе можно ожидать появления принципиально новых научных результатов в области программного обеспечения, распределенных вычислений и систем, интеллектуальных систем управления и навигации. Направление «Индустрия наносистем и материалов» характеризуется высоким ожидаемым суммарным эффектом, причем многие темы соответствуют мировому уровню ИиР, особенно в части технологий мембран и каталитических систем. Направление «Транспортные, авиационные и космические техноло-

гии» также обладает уровнем ИиР выше среднего. Наиболее перспективными, по мнению экспертов, являются технологии создания авиационных и космических летательных аппаратов, а также соответствующих двигателей. В каждом из отмеченных направлений специально выделены темы, которые могут быть реализованы до 2020 г., и именно они рассматривались далее в качестве самых востребованных инновационных разработок.

Другая существенная методическая особенность принятого подхода заключалась в учете при выборе научно-технологических приоритетов результатов изучения важнейших целей социально-экономического развития. Перечень этих целей подготовлен на основе анализа стратегических документов, определяющих перспективы развития экономики и общества (различных стратегий, концепций, целевых программ и т. п.). Подобная постановка задачи в последние годы получила применение в большинстве развитых стран (например, в Японии, Канаде, ЕС). В дальнейшем комплекс социально-экономических целей принимался во внимание при окончательном отборе инновационных продуктов и критических технологий, способствующих их достижению.

Все информационные и аналитические материалы были переданы затем в рабочие группы. С их участием были проведены различные экспертные процедуры, которые составили содержание второго этапа. По итогам экспертизы был сформирован перечень инновацион-

Рис. 4. Экспертная оценка тем прогноза по уровню ИиР в России и суммарному эффекту



ных продуктов, которые могут появиться в России в течение ближайших 10 лет благодаря имеющимся заделам и отвечают целям социально-экономического развития страны. Он послужил уточнению итоговых формулировок критических технологий. Для них были подготовлены паспорта, содержащие описание их важнейших параметров и условий для эффективного развития.

## Основные результаты

По итогам проведенных работ были выделены шесть базовых приоритетных областей:

- информационно-телекоммуникационные системы;
- науки о жизни;
- индустрия наносистем;
- рациональное природопользование;
- транспортные и космические системы;
- энергоэффективность и энергосбережение.

В ближайшей перспективе на указанных направлениях можно ожидать научные и технологические прорывы, которые приведут к формированию новых рынков, повышению уровня конкурентоспособности отечественной продукции, качества жизни и национальной безопасности. Все они характеризуются значительными экономическими, социальными и экологическими эффектами.

Для приоритетных направлений были сформулированы перечни критических технологий, цель которых — сконцентрировать усилия на развитии перспективных межотраслевых разработок с широким спектром потенциальных инновационных приложений (табл. 1).

Данный перечень технологий ориентирован на потребности российского бизнес-сообщества и органы государственной власти, отвечающие за реализацию научно-технической и инновационной политики. Он определяет как технологии, дальнейшее развитие которых имеет стратегическое значение для улучшения конкурентоспособности национальной экономики, так и новые, возникающие технологии, обладающие значительным потенциалом в России.

По сравнению с редакцией 2006 г. указанный список заметно сократился: с 34 до 25 позиций. По всем направлениям, кроме «Транспортных, авиационных и космических технологий», их число уменьшилось на одну-две. Прежние формулировки сохранили пять технологий, в 11 случаях они были скорректированы, в остальных — изменены существенно. В этих корректировках нашли отражение новейшие научно-технологические тренды в сочетании с целями социально-экономического развития страны.

Приоритетное направление «Информационно-телекоммуникационные системы» было дополнено критической технологией «Технологии доступа к широкополосным мультимедийным системам», поскольку их значимость существенно выросла в последние годы. Реализация технологий в данной области позволит создать современную национальную информационную инфраструктуру на базе новых наукоемких производств (в частности, производства суперкомпьютеров и программного обеспечения), будет способствовать выходу на внешние рынки и активизации импортозамещения.

В направлении «Науки о жизни» была включена новая критическая технология «Технологии снижения

потерь от социально-значимых заболеваний», которая нацелена на кардинальное улучшение диагностики и лечения заболеваний с высоким уровнем смертности и инвалидизации за счет создания новых лекарственных средств, методов лечения и диагностики, высокоэффективного диагностического оборудования.

Наибольшую трансформацию претерпели формулировки критических технологий в области «Индустрия наносистем», что объясняется изменением основания для их выбора и стремлением отразить перспективные ИиР. Поддержка технологий будет сопровождаться разработкой новых материалов, приборов и устройств особого назначения с повышенным сроком службы, низкой материалоемкостью и весом. Это будет способствовать выходу отечественных производителей на внешние рынки и импортозамещению.

В направлении «Транспортные и космические системы» в качестве приоритетов было выделено создание ракетно-космической и транспортной техники нового поколения и интеллектуальных систем управления. Развитие таких технологий позволит обеспечить возможности повышения эффективности и безопасности ракетно-космической и транспортной техники, увеличения экономичности перевозок за счет снижения расхода топлива, создания новых экологичных видов транспорта; появления новых видов инновационной продукции, не имеющих мировых аналогов, и в конечном счете — усиления позиций России на мировых рынках.

Для критических технологий направления «Рациональное природопользование» были предложены более общие формулировки, с учетом единых подходов к их разработке. В качестве эффектов можно ожидать улучшения условий жизни населения, укрепления экологической безопасности за счет снижения рисков аварий и катастроф, восстановления и более рационального использования природных ресурсов.

По направлению «Энергоэффективность и энергосбережение» в состав критической технологии, относящейся к технологиям возобновляемых источников энергии, была включена водородная энергетика. Основные возможные эффекты от их внедрения связаны с повышением энергоэффективности, снижением энергопотерь при транспортировке, сокращением загрязнения окружающей среды. Будут разработаны новые виды топлива, что позволит добиться устойчивого энергообеспечения различных объектов.

Технологии, вошедшие в рассматриваемый перечень, отличаются достаточно высоким уровнем ИиР. Кроме того, были специально выделены актуальные направления, по которым наблюдается наибольшее отставание, а также те базовые научные задачи, решение которых обеспечит успешное развитие технологических областей.

Каждой критической технологии соответствует набор научно-технологических групп, которые имеют решающее значение для ее реализации (от 5 до 24 в соответствующих случаях). В общей сложности были выделены более 200 многообещающих научно-технологических групп подобного рода. На их основе рассматриваются перспективы развития различных критических технологий, формируется тематика стратегических исследований и возможных комплексных инновационных проектов.

Табл. 1. **Приоритетные направления и критические технологии**

Приоритетные направления	Критические технологии
<b>Информационно-телекоммуникационные системы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам (×)</li> <li>• Технологии информационных, управляющих, навигационных систем (□)</li> <li>• Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем (×)</li> <li>• Технологии создания электронной компонентной базы (*)</li> </ul>
<b>Науки о жизни</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Биомедицинские и ветеринарные технологии (□)</li> <li>• Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии (*)</li> <li>• Геномные, протеомные и постгеномные технологии (□)</li> <li>• Клеточные технологии (*)</li> <li>• Технологии биоинженерии (*)</li> <li>• Технологии снижения потерь от социально-значимых заболеваний (×)</li> </ul>
<b>Индустрия наносистем</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий (×)</li> <li>• Нано-, био-, инфо-, когнитивные технологии (НБИК-технологии) (×)</li> <li>• Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств (×)</li> <li>• Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов (×)</li> <li>• Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов (×)</li> <li>• Технологии наноустройств и микросистемной техники (□)</li> </ul>
<b>Транспортные и космические системы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта (×)</li> <li>• Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения (×)</li> </ul>
<b>Рациональное природопользование</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнений (×)</li> <li>• Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (×)</li> <li>• Технологии поиска, разведки и разработки месторождений, добычи полезных ископаемых (□)</li> </ul>
<b>Энергоэффективность и энергосбережение</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом (*)</li> <li>• Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику (×)</li> <li>• Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии (□)</li> <li>• Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе (□)</li> </ul>
<b>Условные обозначения:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* — формулировка осталась прежней</li> <li>□ — формулировка была скорректирована</li> <li>× — формулировка была существенно изменена</li> </ul>

Состав критической технологии на примере области «Геномные, протеомные и постгеномные технологии» показан на рис. 5. Как свидетельствует анализ, ее поддержка позволит создать следующие важнейшие продукты (услуги):

- системы высокопроизводительного анализа индивидуального человеческого генома как основы персонализированной медицины;
- аналитические комплексы для детекции ультранизких концентраций белковых молекул в целях ранней диагностики;
- масс-спектрометрические тест-системы для медицинской диагностики;
- новые лекарственные препараты на основе геномных и постгеномных технологий.

Эти продукты применимы в медицине, фармацевтике, сельском хозяйстве и биоиндустрии. Более того, в составе критической технологии выделены области, соответствующие мировому уровню либо превышающие его:

- конструирование генно-терапевтических векторов для терапевтического ангиогенеза и ингибирования процессов онкогенеза;
- разработка и производство многопараметрических биочипов для медицинской диагностики; микроматриц ДНК для ассоциативных исследова-

ний взаимосвязи геномов с мультифакториальными заболеваниями; оборудования и реагентов для молекулярно-генетической диагностики.

Были также идентифицированы значимые направления, для которых характерно наибольшее отставание от мирового уровня, в том числе создание банка образцов биоматериала как основы для внедрения новых диагностических методик и синтез искусственного генома. Все они нуждаются в государственной поддержке. Наряду с этим, по полученным оценкам, первоочередные задачи по развитию наиболее перспективных разработок в данной сфере включают:

- создание системы аттестованных банков биоматериала, предназначенной для поиска терапевтических мишеней, разработки и валидации методов медицинской диагностики;
- выявление ассоциированных с социально значимыми заболеваниями генетических маркеров на основе направленного и полногеномного анализа;
- разработку «лабораторий-на-чипе» с функциями выделения и очистки молекул биополимеров из пробы и их детектирования в многопараметрическом формате и др.

Аналогичным образом были проанализированы и другие критические технологии.



Рис. 5. Научно-технологические группы критической технологии «Геномные, протеомные и постгеномные технологии»



### Заключение

Значимость рассмотренного исследования связана не только с формированием нового перечня приоритетных направлений и критических технологий, но и с совершенствованием методологии их выбора и корректировки. Предложенные решения позволили более тесно увязать научно-технологические приоритеты с реальными потребностями экономики и общества. Следует также отметить открытость и прозрачность использованных процедур отбора приоритетов.

Скорректированные перечни приоритетов позволяют сконцентрировать имеющиеся средства на тех направлениях, с которыми связаны наибольшие экономические и социальные эффекты, усовершенствовать проводимую научно-техническую и инновационную политику, в частности, при формировании проектов в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы».

Результаты отбора научно-технологических приоритетов могут также использоваться при реализации

целого ряда инициатив по развитию национальной инновационной системы. К ним можно, например, отнести создание и развитие технологических платформ<sup>8</sup> и формирование программ инновационного развития компаний с государственным участием.

В целях лучшей информированности потенциальных пользователей результатов выбора научно-технологических приоритетов представляется целесообразным формирование для всех приоритетных направлений системы дорожных карт, на базе которых бизнес получит наглядное представление о возможностях коммерциализации и освоения прорывных решений в рамках критических технологий, а инвесторы — о потенциальных областях и условиях вложения средств. Они могут использоваться органами исполнительной власти разных уровней при формировании научно-технической и инновационной политики; компаниями реального сектора экономики, научными организациями и вузами при планировании своей научно-технической, инновационной и образовательной деятельности.

Соколов А.В. (2007а) Форсайт: взгляд в будущее // Форсайт. № 1. С. 8–15.  
 Соколов А.В. (2007б) Метод критических технологий // Форсайт. № 4. С. 64–75.  
 Соколов А.В. (2009) Будущее науки и технологий: результаты исследований Дельфи // Форсайт. № 3. С. 40–58.  
 Шашнов С.А. (2007) Форсайт Республики Башкортостан // Форсайт. № 1. С. 16–24.  
 Рудник П.Б. (2011) Технологические платформы в практике российской инновационной политики // Форсайт. № 1. С. 16–25.  
 European Commission (2006) Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan. Final Report. Brussels. <http://ec.europa.eu/research/foresight/pdf/21960.pdf>  
 Harper J.C. (2010) EU Priorities for S&T and Innovation. Presentation at XI International Academic Conference on Economic and Social Development, Moscow, April 6–8, 2010. Moscow: HSE (mimeo).  
 Louvet J.-P. (2000) Les principaux résultats de l'étude «Technologies clés 2005». Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.  
 MEFI (2006) Technologies clés 2010. Les Editions de l'Industrie. Paris: Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Direction Générale des Entreprises. [http://www.industrie.gouv.fr/liste\\_index/innovation.htm](http://www.industrie.gouv.fr/liste_index/innovation.htm)  
 MEFI (2011) Technologies clés 2015. Paris: Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Direction Générale des Entreprises. <http://www.industrie.gouv.fr/tc2015/index.php>  
 National Critical Technologies Report (1995). Washington, D.C.: Office of Science and Technology Policy.  
 Popper S., Wagner C., Larson E. (1998) New forces at work. Industry views critical technologies. Washington, D.C.: RAND.  
 UNIDO (2005) Technology Foresight Manual. Vol. 2. Technology Foresight in Action. Vienna.

<sup>8</sup> Перечень технологических платформ утвержден Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям 1 апреля 2011 г., протокол № 2.