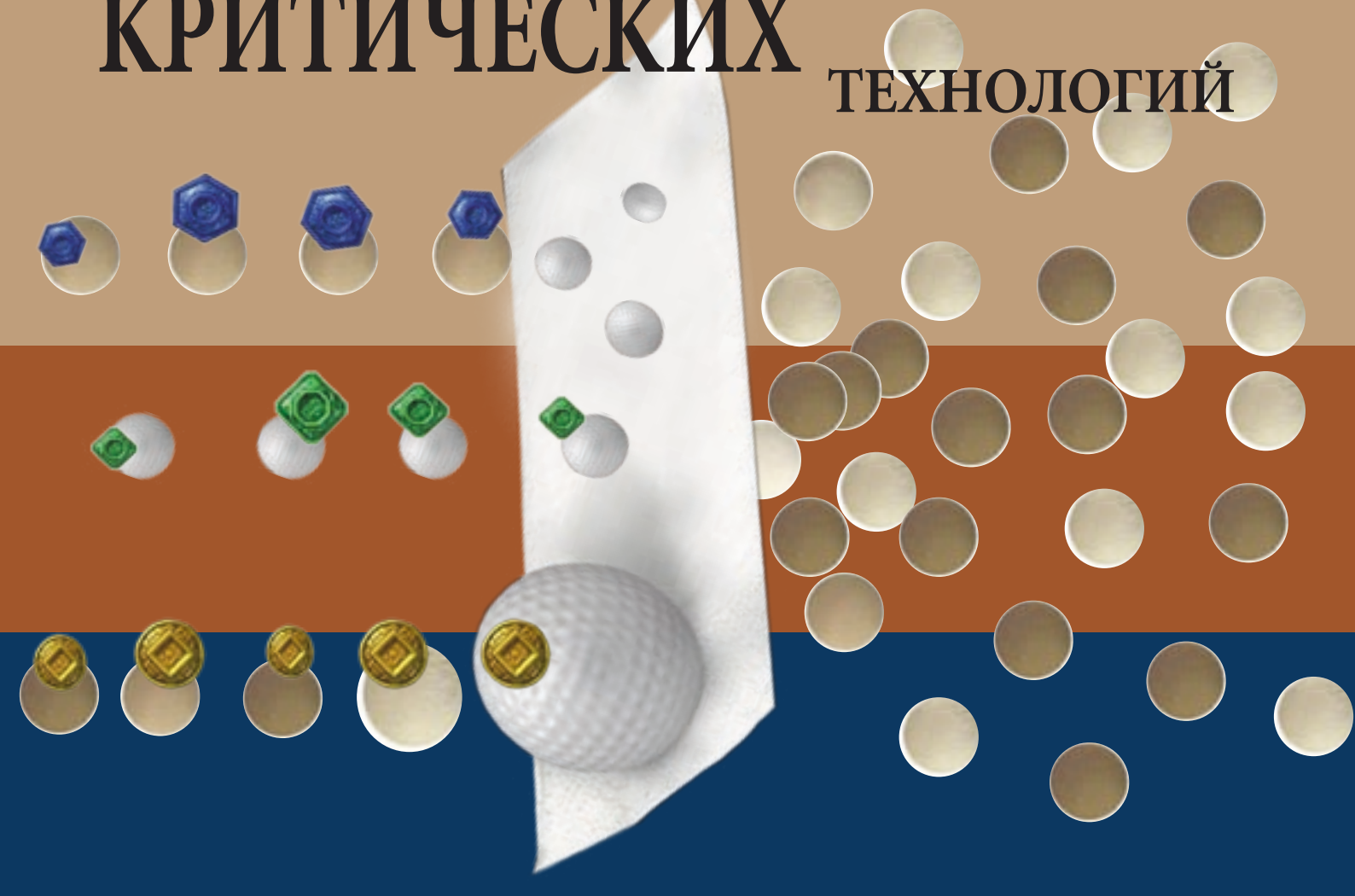


МЕТОД

КРИТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ

А.В. Соколов

Научно-техническая политика в развитых странах за последние три десятилетия претерпела существенные изменения. Еще в 1970–80-х годах ее роль состояла большей частью в финансировании фундаментальных исследований и обеспечении на этой основе процесса генерации новых знаний, а также в поддержке научных организаций и исследовательской инфраструктуры посредством реализации государственных программ. По мере интенсификации научных исследований, повышения их влияния на экономический рост и конкурентоспособность компаний главной целью научно-технической политики стало создание условий для повышения эффективности исследований и формирование сетей передачи знаний с участием науки и бизнеса. Широкое распространение получила концепция «национальной инновационной системы», охватывающая процессы производства, передачи и практического использования знаний.

Несмотря на неуклонное наращивание затрат на науку, которые достигли в ряде стран уровня 2–3% ВВП, даже самые богатые государства не могут себе позво-

лить вести исследования на современном уровне по всему фронту. В связи с этим возникла необходимость выбора приоритетных направлений, на которых должны быть сконцентрированы основные усилия правительства и в которые должны в первую очередь инвестироваться соответствующие бюджетные средства. Поэтому важнейшей задачей научной политики стала разработка инструментов определения научно-технологических приоритетов, а также механизмов их реализации.

В развитых странах одним из наиболее распространенных методов решения этой задачи стали перечни критических технологий.

Методология

Цель метода критических технологий – выявление приоритетов научно-технического развития на среднесрочную перспективу (обычно от 3 до 10 лет). Этот подход применяется не только на уровне страны в целом, но и отдельных отраслей экономики, тематических

Термин «критические технологии» («critical technologies») берет свое начало от так называемых критических материалов – в середине XX века так назывались не производившиеся в США, но необходимые для эффективного функционирования вооруженных сил стратегические материалы, пятилетний запас которых должен был иметься в стране на случай возможных военных конфликтов. Буквальный перевод с английского слова «critical» – «крайне необходимый, дефицитный». Однако во многих других языках, в том числе в русском, ему сопутствует негативный оттенок. Поэтому в ряде стран используют термин «ключевые технологии»: например, во Франции – technologies clés [1], в Германии – Schlüsseltechnologien [2, с. 20].

областей, регионов и др. Результатом становятся, как правило, перечни технологий либо направлений исследований и разработок, которые требуют первоочередного внимания. Для каждой критической технологии (которая в действительности представляет собой набор близких по решаемым задачам технологических областей) готовится дополнительный документ – «паспорт», где сжато описываются входящие в ее состав области и сфера потенциальных приложений, а также оцениваются возможные сроки практической реализации и предлагаются меры государственной поддержки.

Применение данного метода раскладывается на следующие основные этапы (рис. 1):

1. Формирование группы экспертов либо экспертных панелей.

2. Составление первоначального списка технологий.
3. Выбор системы критериев для оценки технологий.
4. Оценка первоначального списка технологий экспертами по выбранной системе критериев.
5. Формирование перечня критических технологий с учетом результатов оценки.

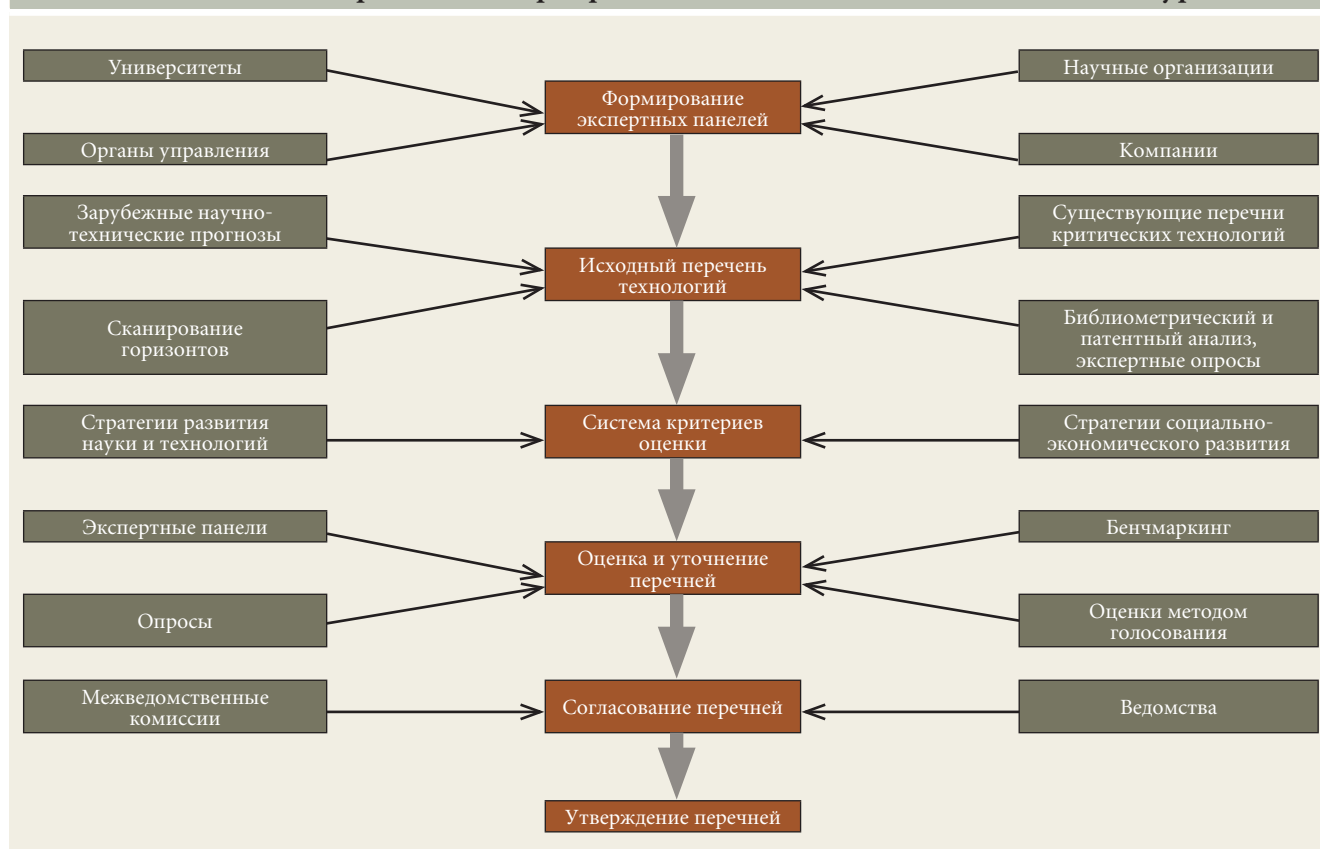
В зависимости от целей и масштабов исследования каждый из этих этапов может, в свою очередь, предусматривать определенные стадии с использованием соответствующих процедур.

Идентификация критических (ключевых) технологий базируется на системе опросов, интервью и модерлируемых обсуждений в рамках тематических экспертных групп (панелей).

На первом этапе формируются панели экспертов, представляющих соответствующие области науки и технологий, отрасли экономики. В отличие от массовых опросов по методу Дельфи, к которым привлекаются тысячи экспертов, в определении критических технологий обычно участвуют не более 100–200 ученых и специалистов, как правило самой высокой квалификации. Каждая из тематических панелей рассматривает одно-два направления науки и технологий. В некоторых случаях, как, например, в чешском проекте [3], создаются экспертные группы, в компетенцию которых входит рассмотрение межотраслевых приоритетов – междисциплинарных областей, которые зачастую являются наиболее многообещающими, но в силу формального и часто линейного подхода к структурированию тематических панелей выпадают из рассмотрения.

Далее устанавливается первоначальный список технологий. Анализ существующих перечней (например, полученных из предшествующих Форсайт-исследований) должен сочетаться с работой по их дополнению и

Рис. 1. Общая схема процесса выбора критических технологий на национальном уровне



уточнению посредством библиографического поиска, обзоров научно-технической информации, патентного анализа, сканирования технологий, мозгового штурма и иных экспертных методов. Нередко проводятся специализированные экспертные опросы с последующим обсуждением итогов. Так, в американских исследованиях, посвященных критическим технологиям, первоначальные списки формировались исходя из предложений различных правительственных департаментов [4]. В нидерландском «Технологическом Радаре» [5] работа строилась с учетом перечней международных стратегических технологий по данным Форсайт-проектов, осуществленных ранее в Японии, Великобритании, Германии, критических технологий США, Франции и др.

Собственно выбор приоритетов является наиболее сложным этапом. Прежде всего, принимается решение о критериях оценки технологий. В теоретических исследованиях по проблемам критических технологий отсутствует их однозначное определение. Такие критерии могут меняться в зависимости от целей политики и многих внешних обстоятельств. Тем не менее в отношении процедур определения критических технологий сложились некоторые базовые принципы. В частности, С. Поппер из корпорации RAND [6] считает, что эти процедуры должны отвечать, как минимум, следующим четырем требованиям:

- быть встроенными в процесс формирования государственной научно-технической политики;
- иметь дискриминантный характер, различая критические и некритические технологии;
- соответствовать определенному уровню агрегирования (в число критических не должны входить как обширные, всеохватывающие¹, так и слишком узкие научно-технологические направления);
- носить конструктивный характер, обеспечивать достаточную степень воспроизводимости результатов при повторении процедуры.

Утверждение критериев отнесения технологий к числу критических является компетенцией заказчика исследования и должно быть осуществлено при подготовке технического задания.

Как правило, «ситом» для отбора технологий является соответствие по крайней мере одному критерию, поэтому, как показывает опыт, чрезмерно широкий набор критериев создает «окна» для продвижения экспертами менее значимых технологических областей. В отсутствие специальных методов, препятствующих лоббированию, такой подход «размывает» перечень и делает его менее функциональным. Один из способов решения проблемы – установление одного-двух интегральных критериев. Так, в чешском проекте [3] участники голосования сначала оценивали предлагаемые технологии по 35 критериям, а затем вычислялись два интегральных параметра, условно названные «важность» и «реализуемость». Более сложные процедуры применялись в нидерландском «Технологическом Радаре» [5]: вначале оценивалась важность каждой предложенной технологии для выбранных 22 секторов экономики, что служило основой для расчета индексов, отражающих вклад

технологий в повышение конкурентоспособности, а уже этот вклад рассматривался как критерий для отнесения технологий к числу приоритетных.

Важное место отводится «эталонному анализу» – бенчмаркингу (benchmarking), когда определяется общий уровень развития определенной технологии по отношению к достигнутому рассматриваемой «эталонной» страной, отраслью либо регионом. Это помогает разрабатывать стратегии по преодолению технологического отставания и выявлять технологические области с большим инновационным потенциалом, которые целесообразно дополнительно развивать в данной стране (регионе).

На следующем этапе эксперты, основываясь на выбранных критериях и процедурах голосования, оценивают сами технологии из первоначального списка. Их ранжируют в соответствии с установленными шкалами рангов. По индивидуальным баллам вычисляются итоговые оценки. Технологии с наивысшими значениями интегральных индексов рассматриваются в качестве кандидатов для включения в итоговый перечень.

На заключительной стадии осуществляется финализация списка критических технологий с учетом полученных оценок. Составляются уточненные описания критических технологий, отражающие их ключевые характеристики, области приложения, требуемые меры поддержки и т.п. В ряде случаев, что в особенности характерно для проектов национального уровня, после завершения работы экспертных групп проводится согласование рекомендуемых перечней на уровне органов исполнительной власти, межведомственных комиссий, правительства. Здесь могут возникнуть ситуации, когда по разным причинам будут высказаны настоятельные требования по расширению списка, что часто отрицательно сказывается на его качестве. В связи с этим необходимо как можно раньше, еще на этапе подготовки предварительных перечней, вовлекать в процесс отбора критических технологий главных «игроков», которые имеют непосредственное отношение к выработке и реализации научно-технической политики. Это позволит экспертам обсудить спорные вопросы с учетом мнений всех сторон и выработать аргументированную позицию по принятым решениям.

Исследования критических технологий дают возможность получать аргументированные оценки тенденций и перспектив технологического развития, которые могут служить отправной точкой для выработки политических мер. Однако в изолированном виде рекомендаций экспертов недостаточно для обоснования управленческих решений, требуется дополнительное рассмотрение на политическом уровне и оценка с учетом социальных, экономических, экологических и других факторов.

Финальные перечни могут быть ориентированы на ожидаемое развитие технологий (technology-push/supply oriented) либо определяться потребностями рынка (market-pull/demand oriented). Это зависит от того, являются ли объектом исследования возникающие технологические возможности или будущие потребности

¹ Примером такого рода может служить критическая технология «Поиск, добыча, переработка и трубопроводный транспорт нефти и газа» из российского перечня, утвержденного в 2002 г.

экономики. Второй подход в последние годы признан более предпочтительным и реализуется в большинстве новейших Форсайт-проектов, в том числе и в России.

Рассматриваемый нами метод часто критикуют за ограниченность круга экспертов, детерминированность (отсутствие анализа альтернативных вариантов будущего), слабую формализацию процедур и связанную с этим возможность лоббирования со стороны активных экспертов. Степень детализации критических технологий не всегда достаточна для построения конкретных исследовательских программ.

Если обратиться к результатам отдельных проектов, то подобные соображения отчасти можно признать справедливыми. Вместе с тем это связано в первую оче-

редь не с недостатками метода, а с практикой его применения. Правильная и четкая постановка вопросов, ясно сформулированные критерии отбора технологий, объективные принципы выбора экспертов, вовлечение всех заинтересованных сторон на ранней стадии, открытость процесса минимизируют потенциальные недостатки. Принципиальное значение имеет изначальная ориентация на спрос со стороны экономики и общества, что побуждает экспертов принимать во внимание прежде всего реальный инновационный потенциал технологий и оценивать значимость тех или иных научных направлений именно под этим углом зрения. Важно также задавать временные горизонты коммерциализации достижений науки и их практического приме-

Значительный опыт разработки критических технологий накоплен в США. Еще в 1990-е годы последовательно с интервалом в два года были опубликованы три доклада по «национальным критическим технологиям» [4]. Их целью был анализ состояния науки и способности генерировать технологии, обеспечивающие экономическое благосостояние, надлежащее качество окружающей среды, обороноспособность, высокий уровень здоровья и профессиональной подготовки граждан. Критические технологии представлялись в виде иерархической структуры: технологические области – подобласти – специфические технологии – потенциальные применения. На верхнем уровне были представлены энергетика, качество окружающей среды, информация и связь, живые системы, производство, материалы, транспорт. Работа получила высокую оценку, однако уже во втором докладе экспертами был поставлен вопрос о необходимости проведения дополнительного анализа экономического эффекта технологий. Это, в частности, было вызвано тем, что процедура подготовки перечней основывалась на опыте выбора критических технологий для оборонной сферы, где вклад технологий в достижение поставленных целей определяется по достаточно простым схемам, которые неприменимы в более широкой области. К тому же к работе практически не привлекались эксперты из промышленных корпораций, что снижало ценность полученных результатов.

При подготовке четвертого доклада [6] был принят радикально иной подход, нацеленный на оценку технологических потребностей промышленности. Для этого были проведены интервью с руководителями 38 ведущих корпораций США, представляющих все упомянутые выше технологические направления, включая таких гигантов, как DEC, Hewlett-Packard, Electric Fuel Corp., Glaxo-Wellcome, Kodak, Polaroid, Ford Motor Co., Lockheed Martin Corp. и др. Лидеров американского бизнеса спрашивали о том, какие технологии и почему они считают критическими для своих компаний; откуда они берут эти технологии; какие технологические прорывы могут существенно изменить их бизнес в долгосрочной перспективе; каковы технологические позиции США по сравнению с другими странами; насколько важно для них определение технологических приоритетов. Один из интересных выводов исследования: корпорации уделяют особое внимание межотраслевым технологиям, в частности разработке программного обеспечения,

микроэлектронике и телекоммуникациям, материалам, технологиям сенсоров и отображения образов. Часто эксперты из промышленности не следовали общепринятым классификациям и называли в числе критических функциональные элементы или этапы производства, охватывающие несколько последовательно применяемых технологий, например технологии сепарации, ремонта, системной координации производства сложных продуктов.

Министерством промышленности Франции реализованы три проекта (в 1995, 2000 и 2005 гг.), в ходе которых были выбраны соответственно 105, 119 и 83 ключевые технологии [1, 8]. Первые два из них имели целью помочь национальным компаниям лучше ориентироваться в перспективных технологиях и выяснить, какие из них могут быть успешно разработаны в стране. Последний проект был призван ответить на два вопроса: какие технологии дадут Франции конкурентные преимущества в течение следующих 5–10 лет и что должно предпринять государство, чтобы это обеспечить?

Для выбора приоритетов последовательно анализировались: социально-экономические вызовы и их последствия для отраслей экономики; потребности модернизации экономики; выделение ключевых технологий, способных удовлетворить эти потребности; региональные аспекты реализации ключевых технологий. В качестве важнейших областей эксперты выделили: информационно-коммуникационные технологии, материалы и химию, строительство, энергетику и окружающую среду, трансформацию сельского хозяйства, фармацевтику, транспорт, торговлю и потребление. Для каждой из них были определены ключевые технологии (например, для сферы материалов и химии это были: наноструктуры; нетрадиционные материалы и новые процессы сборки; новые процессы обработки поверхностей; каталитические процессы; промышленные биотехнологии; аналитическая химия; микротехнологии).

Предложенные меры по обеспечению успешного развития ключевых технологий включают введение ряда нормативно-правовых актов (по поддержке процессов стандартизации, геномике и клеточным культурам и т.д.) и создание механизмов целенаправленной государственной поддержки. В частности, рекомендовано ввести соответствующие разделы в национальную программу поддержки технологических и промышленных кластеров.

нения (обычно 5–10 лет) и придерживаться их в ходе работы экспертов.

Другой важный аспект связан с предполагаемыми вариантами использования перечня критических технологий. Если целью ранних Форсайт-проектов было в основном обеспечение информационно-аналитической базы для лиц, принимающих решения в сфере науки и технологий, то в последние годы они значительно сильнее интегрировались в процесс разработки научно-технической политики. Как отмечает Л. Джорджиу [7], развитие методологии и практики Форсайт-исследований проходило в несколько стадий:

1. Предвидение внутренней динамики технологического развития.
2. Форсайт технологий и рынков (оценка перспектив технологического развития с учетом эффектов для экономики и влияния рынков).
3. Исследование рыночных перспектив с позиций социальных эффектов, потребностей общества и вклада с его стороны.
4. Комплексный охват различных аспектов национальных инновационных систем.
5. Решение структурных проблем, переход от информационного обеспечения принятия решений к участию в формировании политики.

Эволюция методов организации Форсайт-проектов показывает, что даже наиболее «правильный» выбор важнейших областей науки и технологий сам по себе не обеспечивает повышения эффективности политики. Приоритеты должны выражаться в виде национальных или международных научно-технических программ, системы мер по созданию благоприятного климата для развития выбранных областей науки и технологий, поддержки центров передовых исследований, стимулирования инновационной активности предприятий, повышения конкурентоспособности национальных инновационных систем и т.д.

В целом проекты, реализованные в разных странах (табл. 1), характеризовались значительным разнообразием целей, используемых методов и полученных результатов. В ряде стран (например, в России, США

и Чехии) процедуры выбора критических технологий осуществлялись уже несколько раз. Это придало значительный импульс развитию и совершенствованию используемой методологии и организационных решений, которые с каждым этапом все больше ориентировались на конкретные обстоятельства и практические задачи научно-технической политики.

Критические технологии в России

В России систематические попытки выбора научно-технологических приоритетов имеют достаточно долгую историю. Еще в 1980-е годы в Комплексной программе научно-технического прогресса СССР отмечалась необходимость в период 1991–2010 годов интенсифицировать исследования в области электроники, информатики и вычислительной техники, новых материалов, наук о жизни, научного приборостроения, а также практически во всех областях фундаментальной науки [9]. Позднее важнейшие направления науки, а также технологии и продукты рассматривались в рамках подготовки Комплексного прогноза социально-экономического и научно-технического развития СССР на 1996–2015 годы.

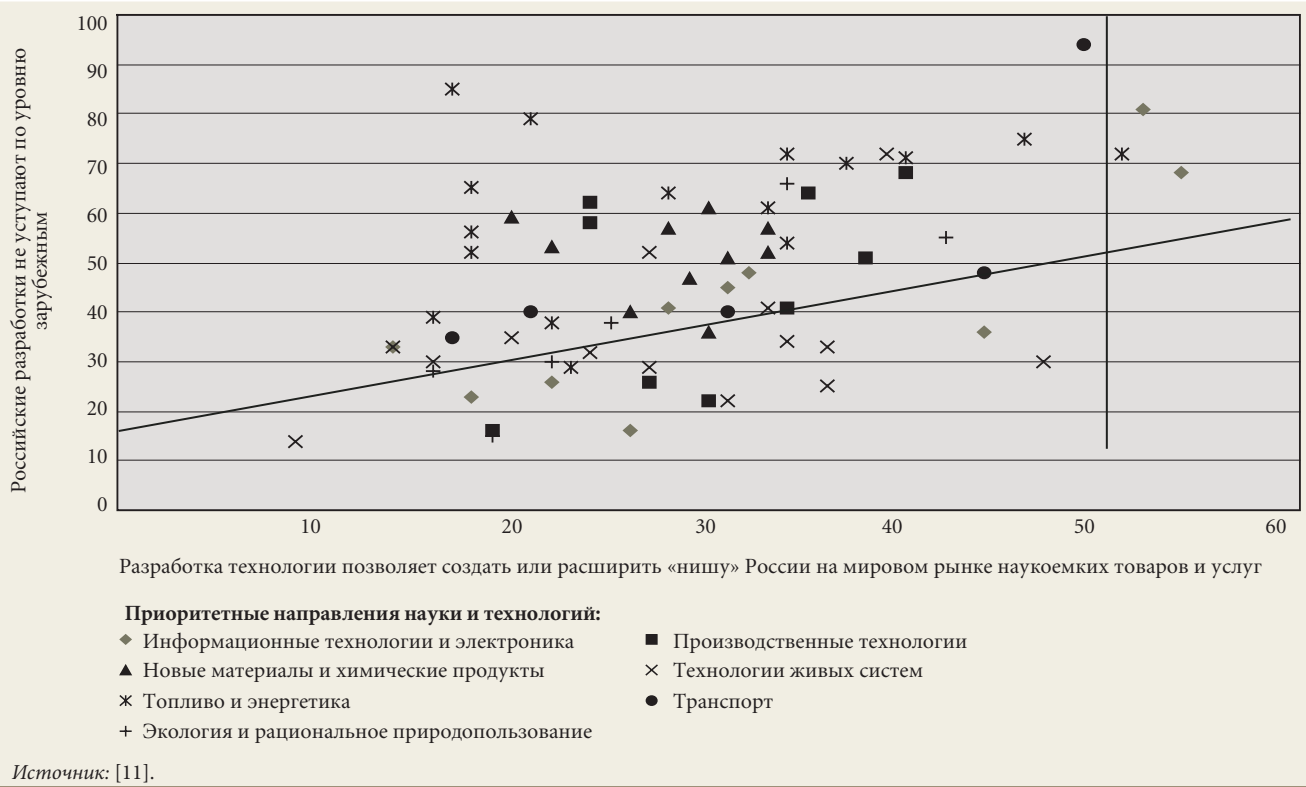
После распада СССР практика определения приоритетов науки и технологий продолжала развиваться. Подобные работы осуществлялись в 1994–1995 годах экспертными группами Совета безопасности России, Госкомпрома, Комитета Российской Федерации по машиностроению и ряда других министерств и ведомств. Полученные результаты носили достаточно эклектичный характер и не были согласованы между собой. Так, в «Перечне перспективных технологий перевооружения промышленного производства» Госкомпрома России присутствовали такие взаимопересекающиеся позиции, как «Базовые технологии», «Экологически и аварийно безопасные технологии», «Технологии добывающих и перерабатывающих отраслей».

Выбор приоритетов был продолжен в Миннауки России с участием многочисленных экспертов. К числу важнейших были отнесены технологии «межотрасле-

Таблица 1. Форсайт-проекты национального уровня, реализованные с использованием метода критических технологий

Страна, наименование проекта	Заказчик, годы реализации	Временной горизонт	Основные результаты
США, «Национальные критические технологии»	Офис по науке и технологиям, три раунда, 1990–1995 гг.	5–10 лет	Перечень критических технологий
Нидерланды, «Технологический Радар»	Министерство экономики, 1998 г.	10 лет	Перечень критических технологий
США, «Новые силы в действии»	Офис по науке и технологиям, 1998 г.	5–10 лет	Перечни критических технологий
Франция, «Ключевые технологии»	Министерство экономики, финансов и промышленности, три раунда, 1996, 2000, 2005 гг.	5–10 лет	Перечень ключевых технологий
Чехия, «Предложения для национальной исследовательской программы»	Министерство образования и науки, три раунда, 2002–2007 гг.	10 лет	Предложения по тематике для национальной исследовательской программы (2002, 2007 гг.). Предложения по распределению структурных фондов, выделенных Еврокомиссией для Чешской Республики (5 млрд евро на 2007–2012 гг.)
Россия, «Приоритетные направления и критические технологии»	Министерство образования и науки РФ, три раунда, 1996, 2002, 2006 гг.	10 лет	Перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, перечень критических технологий

Рис. 2. Соотношение оценок уровня российских разработок и перспектив их выхода на мировые рынки (процент экспертов, выбравших соответствующий вариант ответа)



вого характера, которые создают существенные предпосылки для развития многих технических областей или направлений исследований» [10]. В 1995 году было принято постановление Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым были подготовлены перечни из восьми приоритетных направлений (см. табл. 5) и 70 критических технологий федерального уровня, утвержденные председателем Правительственной комиссии по научно-технической политике в июле 1996 года.

В 1998 году при непосредственном участии автора было предпринято исследование по оценке состояния и перспектив развития критических технологий федерального уровня, в ходе которого ставилась задача учесть реальные ресурсные возможности страны, а также новейшие тенденции динамики мировой и отечественной науки и техники. Исследование базировалось на опросе более тысячи ведущих российских экспертов, которые оценивали детальный перечень технологий по ряду параметров. На этой основе затем были определены сводные индикаторы по каждой критической технологии.

Анализ показал, что лишь в 19 из 70 критических технологий российские разработки не уступали лучшим зарубежным аналогам [11]. В их числе – авиационная и космическая техника, нетрадиционные технологии добычи и переработки твердого топлива и урана, системы математического моделирования и т.д. Но из них далеко не все имели реальный потенциал для экспансии на мировых рынках. Лишь три из 70 критических технологий получили позитивную оценку более половины экспертов с точки зрения их потенциала для улучшения позиций России на мировых рынках (рис. 2), а сводные оценки для подавляющего большинства технологий оказались существенно бо-

лее высокими в отношении уровня проводимых исследований, нежели их инновационного потенциала (рис. 2).

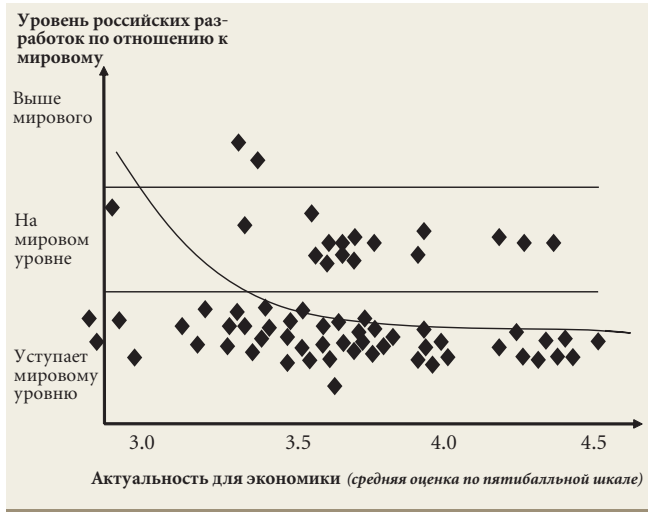
Экспертные оценки актуальности технологий в целом имели отрицательную корреляцию с уровнем разработки. Другими словами, чем выше была значимость технологий для развития экономики, тем ниже был уровень российских разработок в этой области (рис. 3). Наибольшая конкурентоспособность отмечалась в сфере энергетике и энергосбережения, в то время как во всех остальных направлениях, за несколькими исключениями, наблюдалось существенное отставание.

Эксперты признали мировое лидерство России лишь по двум критическим технологиям, на практике не имеющим значительных рыночных перспектив: «Трубопроводный транспорт угольной суспензии» и «Системы жизнеобеспечения и защиты человека в экстремальных условиях».

Для оценки важности отдельных технологий был рассчитан интегральный рейтинг, учитывающий их вклад в развитие экономики, социальной сферы, улучшение окружающей среды, поддержание обороноспособности, а также уровень отечественных разработок и потенциал выхода на мировые рынки. Среди первых десяти позиций доминировали технологии атомной энергетики, оценки и переработки природных ресурсов (табл. 2).

По итогам экспертизы были подготовлены предложения, направленные на существенное сокращение числа критических технологий за счет исключения ряда бесперспективных, с точки зрения экспертов, позиций. Однако на этапе межведомственного согласования не удалось избежать лоббирования со стороны отдельных ведомств и научных групп, что резко снизило ценность полученного результата. В утвержденном в 2002 году

Рис. 3. Соотношение уровня разработок критических технологий и их важности для экономического развития страны



Президентом Российской Федерации итоговым перечне было значительно меньше критических технологий, чем в предыдущем (52 против 70), однако сокращение было чисто номинальным. Отдельные позиции были просто «склеены»; например, четыре пункта: «Технологии разрушения горных пород, проходки горных выработок и бурения нефтяных и газовых скважин», «Технологии воздействия на нефтегазовые пласты», «Технологии освоения углеводородов континентального шельфа» и «Технологии углубленной переработки нефти, газа и конденсата» – превратились в один: «Поиск, добыча, переработка и трубопроводный транспорт нефти и газа». В итоге эта и многие другие критические технологии представляли собой целые отрасли, в частности, «Добыча и переработка угля» или «Переработка и воспроизводство лесных ресурсов», а их состав фактически был существенно расширен (в него вошли такие ранее не представленные области, как лесная и

легкая промышленность, строительство, судостроение и др.). Указанные обстоятельства снижали практическую ценность системы приоритетов, однако опыт их разработки может быть в целом оценен как позитивный, поскольку способствовал совершенствованию методов выбора критериев, формирования экспертных групп и организации их работы. Кроме того, придание приоритетам государственного статуса и их утверждение руководителями страны послужили серьезным стимулом для дальнейшего развития используемых подходов и организационных процедур.

Полученные списки критических технологий не смогли стать эффективным инструментом научно-технической политики по ряду причин. Во-первых, они были чрезмерно широкими и не позволяли концентрировать бюджетные ресурсы на действительно важнейших направлениях. Во-вторых, сама процедура строилась по принципу «от технологий к рынкам», что привело к включению в состав критических множества позиций, не имеющих серьезного рыночного потенциала. В-третьих, заявленные приоритеты зачастую оставались декларациями и не использовались при формировании научно-технической политики. И, наконец, отсутствовали эффективные механизмы их реализации.

Очередная корректировка научно-технических приоритетов, осуществленная Минобрнауки России в 2004–2006 годах, была призвана преодолеть эти недостатки. Цель заключалась в определении бюджетных ориентиров для формирования Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002–2006 годы, других федеральных и ведомственных целевых программ и, в конечном счете, повышении эффективности использования бюджетных средств, инвестируемых в научно-технологическое развитие. Поэтому уточнение приоритетов носило более прикладной характер, было нацелено на

Таблица 2. Интегральный рейтинг критических технологий (перечень 1996 г.)

Рейтинг	Технология*
1	Обеспечение безопасности действующих АЭС и развитие экспериментально-исследовательской базы
2	Защита человека от вредных механических и химических микропримесей воды, атмосферы и патогенной микрофлоры (технологии обеззараживания, стерилизации и консервации воды, деконтаминации атмосферы, интерьера, обезвреживания плотных отходов)
3	Создание и серийное производство энергетических блоков атомных станций нового поколения, в т. ч. проектирование, лицензирование строительства, изготовление основного технологического оборудования и систем управления энергоблоком, систем ядерной и радиационной защиты
4	Совершенствование топливного цикла и снятие оборудования с эксплуатации после выработки ресурса
5	Подготовка радиоактивных отходов (РАО) к захоронению путем их компактирования и включения в химически, термически и радиационно-устойчивые материалы (стекло, минералоподобные, керамические и др.), препятствующие выходу радионуклидов в окружающую среду
6	Математические методы распознавания образов, прогнозирования, анализа и понимания информации, представленной в виде изображений и сигналов
7	Методы и технические средства (геофизические, геохимические и др.) изучения недр с целью выявления закономерностей развития литосферы и процессов накопления горючих полезных ископаемых, прогнозирования их формирования и размещения на территории
8	Осуществление замкнутого ядерного топливного цикла, позволяющего выделить уран и плутоний для повторного использования в качестве ядерного топлива, получить полезные для применения в медицине и промышленности радионуклиды, уменьшить радиологический фактор воздействия на окружающую среду и повысить эффективность использования добываемого природного урана
9	Технологии глубокой переработки первичного сырья
10	Технологии мониторинга природной среды (космического пространства, атмосферы, гидросферы, литосферы)

* Формулировки даны в редакции, приведенной в официально утвержденном перечне.

Таблица 3. **Инновационный потенциал российских критических технологий**

Приоритетное направление	Примеры инновационных продуктов и услуг
Информационно-телекоммуникационные системы	Интеллектуальные системы поддержки работы операторов сложных комплексов и комплексной автоматизации предприятия Интеллектуальные роботы Интеллектуальные транспортные средства Интеллектуальный дом Системы для единой телекоммуникационной сети, включающей Интернет, телевидение, радио Мультимедийные системы различного назначения и системы виртуальной реальности Автоматизированные системы обращения в государственные инстанции любого уровня Единые электронные идентификационные документы Системы дистанционного образования и дистанционного медицинского обслуживания
Индустрия наносистем и материалы	Керамические и композиционные материалы с функциональными свойствами (суперионные проводники, сверхпроводники, магнитные материалы и др.) Материалы с критическими свойствами (сверхтвердые, сверхпрочные, высоко- и низкотемпературные) Материалы на основе углерода (алмазные пленки, углеродные нанотрубки) Барьерные и защитные материалы для металлургии и космической техники Катализаторы на основе искусственных цеолитов и других мезоструктур, нанокатализаторы селективного действия, катализаторы на основе нанотрубок для фотодеградации отходов и фотолиза воды Биосовместимые материалы для медицинских целей Нанокompозиты Интеллектуальные материалы с изменяющимися, программируемыми свойствами, многофункциональные оптоэлектронные и магнитные материалы Нанодиоды и нанолазеры с перестраиваемой длиной волны Жидкокристаллические материалы для создания дисплеев типа «электронная бумага» Электродные материалы для цветной металлургии, гибридные материалы Микрокапиллярные чипы, биосенсорные слои на микроэлектродах
Живые системы	Лекарственные препараты, использующие в качестве мишеней мембранные белки и рецепторы Аналитические устройства на основе биочипов для медицинской диагностики, охраны окружающей среды и оценки качества пищевых продуктов Трансгенные растения с улучшенными свойствами Средства повышения устойчивости, работоспособности и продолжительности жизни человека в нормальных и экстремальных условиях окружающей среды

потребности экономики и интенсификацию инновационной деятельности. Отбор критических технологий производился с учетом наличия заделов для практической реализации в период до 2015 года (т.е. на ближайшие 10 лет).

Для преодоления недостатков, присущих предыдущим перечням, было решено радикально модифицировать методы и организационные процедуры. Ключевое внимание уделялось следующим аспектам:

- сужение состава приоритетов, выделение ограниченного числа действительно важных технологических областей;
- ориентация на устойчивый экономический рост;
- использование принципа «от рынков – к технологиям»;
- минимизация лоббирования со стороны ведомств и научных групп;
- привязка к процедурам формирования и реализации научно-технической политики.

Первая методическая новация была связана с сокращением набора критериев для выбора приоритетов. В предшествующих случаях из-за большого числа таких критериев и отсутствия их четкой трактовки практически любую технологию можно было при желании отнести к категории важных. Во избежание подобной ситуации было решено ограничиться всего лишь двумя критериями.

1. Вклад в ускорение роста ВВП и повышение конкурентоспособности российской экономики. Технология должна обеспечивать существенно опережающие динамику ВВП темпы роста производства и реализации конкурентоспособных на внутреннем и внешнем рынках товаров и услуг,

2. Обеспечение национальной безопасности России, включая ее технологические аспекты. Отечественные разработки в рамках критической технологии должны способствовать преодолению зависимости от импорта особо важных продуктов и развитию российских технологий, направленных на снижение риска техногенных катастроф.

Учитывая необходимость концентрации финансовых ресурсов, было принято решение сократить количество критических технологий до минимально возможного, чтобы обеспечить выделение существенных бюджетных средств для поддержки каждой из них.

При сборе предложений от заинтересованных министерств и ведомств, проведении интервью с руководителями крупнейших российских компаний и опросов экспертов, организации модерерируемых дискуссий в экспертных панелях и т.п. во главу угла ставился вопрос о том, производство каких конкурентоспособных продуктов и услуг с использованием новых технологий может быть организовано в России в течение ближайших десяти лет. При этом оценивались такие

Таблица 4. Критические технологии Российской Федерации

Базовые и критические военные, специальные и промышленные технологии
Биоинформационные технологии
Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии
Биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных
Геномные и постгеномные технологии создания лекарственных средств
Клеточные технологии
Нанотехнологии и наноматериалы
Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом
Технологии биоинженерии
Технологии водородной энергетики
Технологии механотроники и создания микросистемной техники
Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы
Технологии новых и возобновляемых источников энергии
Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений
Технологии обработки, хранения, передачи и защиты информации
Технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы
Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов
Технологии производства программного обеспечения
Технологии производства топлива и энергии из органического сырья
Технологии распределенных вычислений и систем
Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф
Технологии создания биосовместимых материалов
Технологии создания интеллектуальных систем навигации и управления
Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов
Технологии создания и обработки кристаллических материалов
Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров
Технологии создания и управления новыми видами транспортных систем
Технологии создания мембран и каталитических систем
Технологии создания новых поколений ракетно-космической, авиационной и морской техники
Технологии создания электронной компонентной базы
Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии
Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем
Технологии экологически безопасного ресурсосберегающего производства и переработки сельскохозяйственного сырья и продуктов питания
Технологии экологически безопасной разработки месторождений и добычи полезных ископаемых

характеристики продуктов, как:

- наличие рыночного спроса в России и за рубежом, потенциальных потребителей среди предприятий в быстроразвивающихся отраслях промышленности;
- оценка готовых к реализации технологических заделов, их новизна, сопоставление с мировым уровнем;
- степень завершенности (научная разработка, технология, патент, опытные образцы, бизнес-план, маркетинговое исследование и т.д.);
- наличие кадрового потенциала – исследователей и квалифицированных работников в соответствующих отраслях экономики;
- наличие в стране современной производственной базы;
- требуемые объемы инвестиций.

При проведении работ выяснилось, что многие ученые, которые до этого активно отстаивали необходимость включения своих научных направлений в состав

критических технологий, оказались неспособны сколько-нибудь внятно ответить на вопросы о перспективах практического применения результатов исследований. В результате удалось не только придать практическую направленность системе приоритетов, но и в значительной степени избежать прямого лоббирования.

К процедурам выбора были привлечены ключевые акторы, имеющие отношение к сфере науки, технологий и инноваций: крупнейшие российские высокотехнологичные компании, различные ведомства, академии наук, имеющие государственный статус, крупнейшие научные центры и университеты, научные фонды, ведущие российские ученые и специалисты.

Сам процесс идентификации критических технологий предусматривал сочетание различных методических приемов (рис. 4). Главная работа проходила в рамках дискуссий, проводимых опытными модераторами в экспертных панелях (всего было создано шесть панелей

по числу приоритетных направлений гражданского характера; выбор критических технологий для двух других приоритетных направлений проводился отдельно).

Полученная в ходе предварительных опросов информация о перспективных продуктах (услугах) была систематизирована и представлена для обсуждения экспертным панелям. В результате выделены инновационные продуктовые группы, которые, по мнению экспертов, смогут внести наибольший вклад в рост ВВП в ближайшие годы и на поддержке которых следует сосредоточить ресурсы государства. Для каждого направления этот список состоял примерно из 20–30 продуктовых групп.

Указанные продуктовые перечни стали основой для анализа действовавшего тогда перечня критических технологий и подготовки рекомендаций по его уточнению. Экспертам предлагалось оценить, в какой мере критические технологии из предыдущего перечня задействованы в создании важнейших инновационных продуктов. Таким образом, результатом экспертных обсуждений явилось формирование предварительных перечней критических технологий и важнейших инновационных продуктов.

В итоге круг критических технологий был не только заметно сужен, но и серьезно видоизменен. При этом в целом была сохранена структура перечня приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, в который вошли восемь позиций:

- информационно-телекоммуникационные системы;
- индустрия наносистем и материалы;

- живые системы;
- рациональное природопользование;
- энергетика и энергосбережение;
- транспортные, авиационные и космические системы;
- безопасность и противодействие терроризму;
- перспективные вооружения, военная и специальная техника.

Эти направления отражают современные тенденции глобального технологического развития. В них сосредоточен колоссальный инновационный потенциал, определяющий ориентиры для становления новых масштабных рынков товаров и услуг. В первую очередь это относится к сфере информационных технологий, индустрии наносистем и новых материалов, разработкам в области живых систем (табл. 3).

Значительно большим изменениям подвергся состав критических технологий. По сравнению с перечнем 2002 года он был сокращен с 52 до 34 позиций (табл. 4).

Состав приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечень критических технологий Российской Федерации были утверждены в мае 2006 года Президентом Российской Федерации. В настоящее время они определяют структуру федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы».

Набор приоритетных направлений с течением времени менялся незначительно и в принципе коррелирует с аналогичными перечнями, принятыми в

Рис. 4. Процедуры уточнения перечня критических технологий Российской Федерации



Таблица 5. Эволюция приоритетных направлений развития науки и технологий в России

1996	2002	2004
Фундаментальные исследования		
Информационные технологии и электроника	Информационно-телекоммуникационные технологии и электроника	Информационно-телекоммуникационные системы
Новые материалы и химические технологии	Новые материалы и химические технологии	Индустрия наносистем и материалов
Транспорт	Новые транспортные технологии	
Производственные технологии	Производственные технологии	
Технологии живых систем	Технологии живых систем	Живые системы
Экология и рациональное природопользование	Экология и рациональное природопользование	Рациональное природопользование
Топливо и энергетика	Энергосберегающие технологии	Энергетика и энергосбережение
	Перспективные вооружения, военная и специальная техника	Перспективные вооружения, военная и специальная техника
	Космические и авиационные технологии	Авиационно-космические и транспортные системы
		Безопасность и противодействие терроризму

развитых странах (табл. 5). К наиболее существенным модификациям последнего перечня следует отнести исключение из него производственных технологий (эту сферу было решено выделить в качестве самостоятельного направления для последующей разработки отраслевых приоритетов) и введение самостоятельности раздела «Безопасность и противодействие терроризму». В то же время состав критических технологий изменился радикально и в своей нынешней версии в значительно большей степени ориентирован на достижение устойчивого экономического роста на основе инноваций.

Опыт свидетельствует, что система выбора научно-технологических приоритетов нуждается в дальнейшем совершенствовании. В первую очередь речь идет о более тесной ее интеграции в процессы формирования научно-технической политики. Повышение эффективности научных исследований связано не только с корректной идентификацией и активной поддержкой перспективных направлений: достижение высоких результатов невозможно без модернизации институциональной структуры науки и нормативно-правовой базы, развития подготовки кадров, создания стимулов для инновационной деятельности и т.п. Не менее важна координация научно-технологических приоритетов с социально-экономическими стратегиями, что позволит более обоснованно ориентировать технологиче-

ский прогресс на решение долгосрочных проблем экономики и общества.

Работы по определению критических технологий должны получить продолжение на уровне отраслей экономики и регионов. Дополнение национальных приоритетов специфическими перечнями ключевых технологий, определяющих будущее тех или иных отраслей, выявление инновационных приоритетов и построение стратегических планов их реализации, например в виде дорожных карт, могли бы иметь исключительное значение для развития российской промышленности. В свою очередь, выявление региональных инновационных и научно-технологических приоритетов позволит сконцентрировать усилия на формировании конкурентоспособных региональных научно-производственных кластеров.

Более серьезное внимание должно уделяться перспективам практического применения критических технологий, что, в том числе, должно отражаться в их «паспортах». Детальная и всесторонняя оценка технологических заделов, кадровых и производственных ресурсов, возможностей и рисков, барьеров входа на рынки и других факторов обеспечит основу для принятия более обоснованных решений по комплексной поддержке всей цепочки создания стоимости – от научных разработок до производства конкурентоспособной продукции и ее реализации на внутреннем и мировых рынках. ■

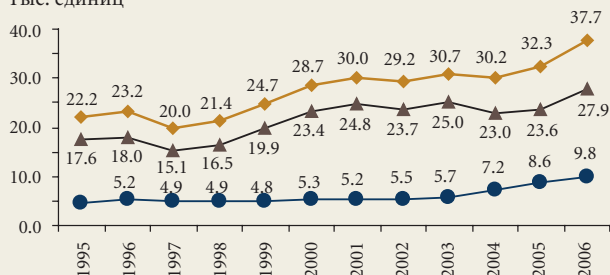
1. Louvet J.P. Les principaux résultats de l'étude "Technologies clés 2005". Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Paris, 2000.
2. Eine Erste Bilanz. Futur: Der deutsche Forschungsdialog. BMBF, Bonn, 2003.
3. Klusacek K. Key technologies for Czech National Research Programme. Technology Foresight Summit, Budapest, UNIDO, 2007.
4. National Critical Technologies Report / Office of Science and Technology Policy (USA). Washington, D.C., 1995.
5. Technology Radar. The Hague, 1998.
6. Popper S., Wagner C., Larson E. New Forces at Work. Industry Views Critical Technologies. RAND, Washington, 1998.
7. Georghiou L. Future of Foresighting for Economic Development. Technology Foresight Summit, Budapest, UNIDO, 2007.
8. Thenint H. Key technologies for France 2010. EFMN Brief № 107, 2007.
9. Комплексная программа научно-технического прогресса и его социально-экономических последствий. Том 15. Развитие науки. АН СССР, ГКНТ СССР, 1979.
10. Николаев И.А. Приоритетные направления науки и технологий. М.: «Машиностроение», 1995.
11. Соколов А.В. О конкурентоспособности российских технологий // Промышленная политика в Российской Федерации, 1999, № 4, с. 23-35.
12. Дуб А.В., Шашнов С.А. Инновационные приоритеты для энергетического машиностроения: опыт отраслевого Форсайта // Форсайт, 2007, №3, с.4-11.
13. Шашнов С.А. Форсайт Республики Башкортостан//Форсайт, 2007, №1, с.16-24.

² В качестве примеров такого рода разработок можно отметить [12, 13].

ИНДИКАТОРЫ

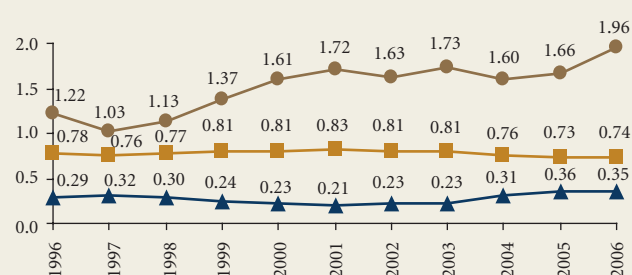
Поступление патентных заявок

Тыс. единиц



- ◆ Число патентных заявок на изобретения, поданных в России, всего
- ▲ Число патентных заявок на изобретения, поданных отечественными заявителями
- Число патентных заявок на изобретения, поданных иностранными заявителями

Показатели патентной активности



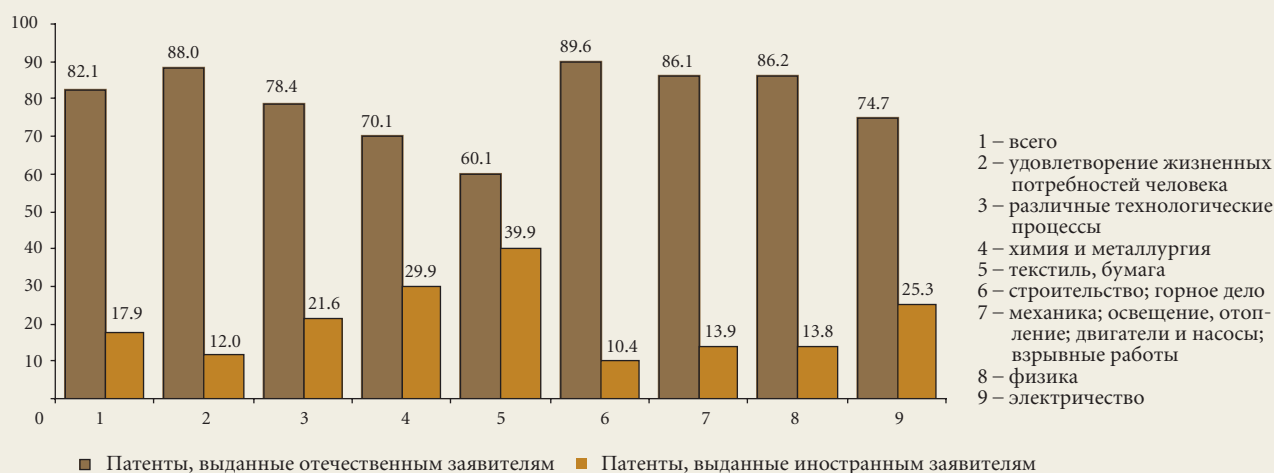
- Коэффициент изобретательской активности – число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10 000 чел. населения
- Коэффициент самообеспеченности – соотношение числа отечественных и всех поданных в России патентных заявок на изобретения
- ▲ Коэффициент зависимости – соотношение числа иностранных и отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России

Патенты на изобретения, выданные с указанием России, по разделам Международной патентной классификации*

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Всего	16 292	18 114	24 726	23 191	23 390	23 299
А. Удовлетворение жизненных потребностей человека	3 764	4 419	7 369	6 190	6 703	6 738
В. Различные технологические процессы	2 923	2 939	3 902	3 729	3 669	3 897
С. Химия и металлургия	2 929	3 265	4 221	4 051	3 645	3 557
Д. Текстиль, бумага	200	184	247	216	216	183
Е. Строительство; горное дело	1 298	1 442	1 596	1 656	1 659	1 626
Ф. Механика; освещение, отопление; двигатели и насосы; взрывные работы	2 172	2 274	2 934	2 785	2 634	2 706
Г. Физика	1 903	2 279	2 648	2 825	3 068	2 911
Н. Электричество	1 103	1 312	1 809	1 739	1 796	1 681

* Патенты, выданные отечественным и иностранным заявителям.

Распределение патентов на изобретения, выданных с указанием России, по разделам Международной патентной классификации: 2006 (проценты)



Материал подготовлен Г.С. Сагеевой, Т.В. Ратай

Источники:
Роспатент, ВОИС.