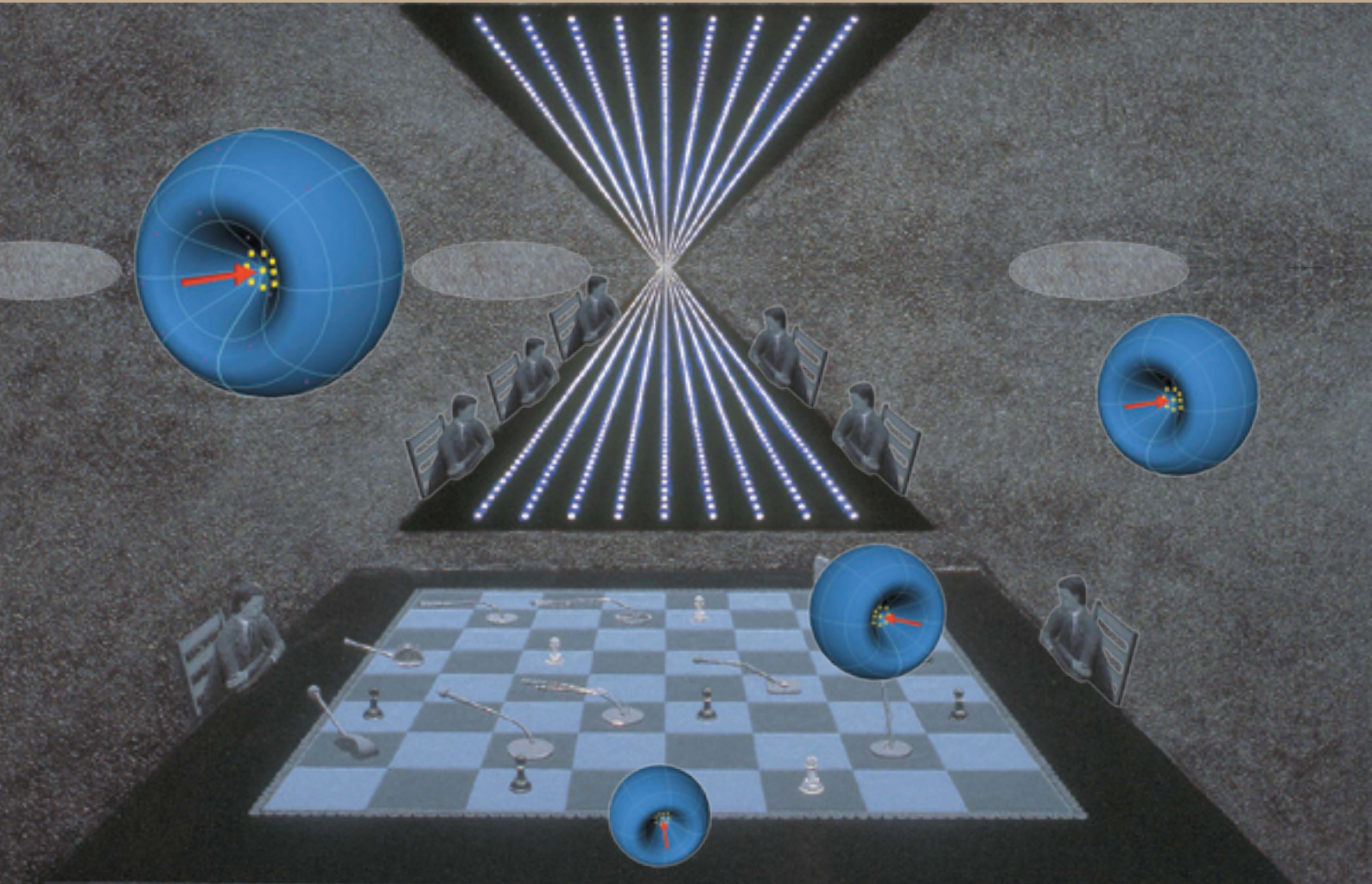


# ДОЛГОСРОЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ

методологии построения

контуры технологического будущего

сценарии развития



Д.Р. Белоусов, И.Э. Фролов

**В** настоящее время Правительством России, научным и бизнес-сообществом обсуждается и разрабатывается комплекс стратегических мер, которые окажут влияние на динамику и структуру российской экономики в долгосрочной перспективе. В связи с этим возрастает потребность в формировании долгосрочных сценарных прогнозов. Долгосрочное прогнозирование принципиально отличается от среднесрочного по характеру решаемых задач и по методологии.

Ряд методологических подходов, сформированных еще в советские времена, в ходе предплановых прогнозных исследований (см., например: [Научные основы...

1971; Вишнев, 1977; Анчишкин, 1980; Рабочая книга..., 1982; Методы народнохозяйственного прогнозирования, 1985; Яременко, 1997]), не потеряли актуальности до настоящего времени, но требуют серьезного переосмысления и корректировки в условиях нынешнего этапа развития российской экономики. Подобная работа уже началась (см., например: [Узяков, 2000; Клоцвог, Костин, 2004; Фролов, 2004; Будущее России, 2005; Комков и др., 2005; Белоусов, 2006а; 2006б; Коровкин и др., 2006; ЦМАКП, 2007; Проблемы и перспективы..., 2007; Долгосрочный прогноз..., 2007; Прикладное прогнозирование..., 2007]), но, по мнению авторов, необ-

ходимы более активная разработка и переход на новый уровень обсуждения, требующий введения новых и пересмотра ряда вроде бы устоявшихся положений и понятий.

Результаты долгосрочного прогнозирования научно-технологического развития российской экономики должны интегрироваться в единую систему стратегического управления экономикой, основу которой составит «Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 года» (далее – КДР) [Концепция..., 2008]. В свою очередь, КДР опирается на периодически пересматриваемый долгосрочный макроэкономический прогноз. Интеграция может быть достигнута при выполнении ряда условий:

- использование сценарных параметров долгосрочного экономического прогноза применительно к научно-технологической сфере;
- описание макроэкономического и структурного эффекта реализации приоритетных направлений технологического развития с учетом оценки возникающих социальных и экономических рисков<sup>1</sup>, связанных с изменением технологического «профиля» российской экономики;
- обеспечение связи КДР с условиями (глобальные тренды, имеющиеся заделы в развитии технологий) и результатами соответствующего научно-технологического прогноза;
- разработка пакета нормативных правовых документов – новой редакции ФЦП «Научно-технологическая база», Стратегии развития науки и инноваций и др., реализующих выбранные приоритеты научно-технологического развития в конкретных управленческих действиях;
- применение проектного подхода к реализации приоритетов инновационного развития в сфере прикладной науки, инжиниринга и фундаментальных исследований<sup>2</sup>.

В настоящей статье авторы попытались изложить некоторые обобщенные результаты, полученные в ходе разработки КДР.

## Требования к долгосрочному прогнозу

Долгосрочное прогнозирование как вид научно-аналитической деятельности обладает рядом специфических

своих свойств, нуждающихся в подробном изучении и пока в значительной мере не нашедших адекватного описания.

**Субъектность прогноза** заключается в анализе результатов действий крупных акторов (или в сопровождении решений, принимаемых конкретным игроком).

Соответственно, ключевым элементом долгосрочного прогноза является оценка конфигурации интересов и потенциалов важнейших акторов, деятельность которых будет оказывать существенное влияние на дальнейшее развитие<sup>3</sup>.

Применительно к благоприятному (целевому) сценарию речь идет о формировании – подчас с использованием достаточно изолированных процедур<sup>4</sup> – нового **субъекта развития**, заинтересованного как в выходе на новые и развивающиеся рынки продуктов высокой степени обработки, так и в технологической модернизации массовых производств, выпускающих конкурентоспособную продукцию инвестиционного и потребительского назначения.

### Формирование субъекта развития

Становление субъекта развития общенационального уровня предполагает выработку совместного видения стратегических приоритетов у разных групп игроков, имеющих различный набор компетенций, ресурсов и интересов. К ним относятся:

- государство, обладающее долгосрочным видением ситуации, легитимным правом на создание институтов и в последнее время – значительными финансовыми ресурсами;
- крупный частный бизнес, интересы которого лежат в сфере научно-технологического развития, готовый управлять рисками, связанными с новыми технологическими решениями, и вовлеченный в международное разделение труда;
- организованный средний бизнес, состоящий из динамичных компаний, способных к быстрой модернизации на новой технологической базе;
- научное сообщество, включающее «выжившие» ГНЦ и институты РАН, а также крупные научно-исследовательские, аналитические и экспертные центры, работающие как автономно, так и в составе ведущих вузов страны.

<sup>1</sup> Технологический прогноз позволяет выявить возникновение «технологий-убийц», распространение которых потенциально ведет к свертыванию целых отраслей экономики. Он может служить эффективным инструментом, провоцирующим creative destruction – управляемый вывод (свертывание) малоэффективных видов деятельности, что, при блокировании неблагоприятных социальных последствий, является важнейшим инструментом структурного оздоровления экономики. Особую актуальность такие риски и возможности имеют для российской экономики, которая перегружена низкоэффективными «реликтами», относящимися едва ли не к раннеиндустриальной стадии развития.

<sup>2</sup> Вопреки широко распространенным в научной среде мифам, проектный подход к фундаментальной науке вполне возможен и, более того, постепенно распространяется. Помимо общеизвестных классических случаев частичного включения фундаментальных исследований в реализацию крупномасштабных прикладных программ (в ядерной сфере, космических исследованиях, авиаракетных проектах) в последние годы можно отметить ряд инициатив в сфере фундаментальной науки – например, проект «Геном человека».

Для России задачи привнесения проектного начала в фундаментальные исследования особенно актуальны. С одной стороны, ограниченность имеющихся ресурсов не позволит вести современные исследования по широкому фронту. С другой – в отсутствие мощной системы трансляции результатов, осуществляемых в логике «наука ради науки», на прикладной уровень российские фундаментальные разработки (включая «дорогие», капиталоемкие отрасли) окажутся элементом воспроизводственного механизма какой-либо из стран – стратегических конкурентов.

<sup>3</sup> Одно из определений стратегического прогноза – долгосрочный прогноз потенциала, которым располагают крупные игроки, и способов его реализации – частично отражает субъектный аспект этого экспертного упражнения.

<sup>4</sup> Речь идет прежде всего о различных формах согласования видения будущего между деловыми кругами, государством и научным сообществом, таких как национальный технологический Форсайт, технологические платформы и др.

Тренды, относительно устойчивые в среднесрочном периоде развития (3–5 лет)<sup>5</sup>, не только исчерпываются, но и проблематизируются, становясь производными от действий субъектов экономики. Даже для таких квазистационарных параметров развития, как, например, структура производства и потребления базовых ресурсов, весьма устойчивых в среднесрочной перспективе, в рамках долгосрочного прогноза требуется специально определять законы их изменения.

Среднесрочный прогноз основан главным образом на учете устойчивых тенденций, которые корректируются лишь с изменениями в государственной политике (они, как правило, приводят к существенным макроэкономическим результатам вне рамок такого прогноза<sup>6</sup>). Долгосрочный прогноз определяется преимущественно решениями, принятыми различными субъектами, имеющими собственные цели, интересы и ресурсы для их реализации.

Так, для 15-летнего горизонта мировая структура потребления энергоносителей может считаться заданной. Но уже в 25-летнем периоде становится очевидной ее зависимость от двух факторов. С одной стороны, она определяется динамикой экономического роста в важнейших регионах-потребителях (таких как Китай), с другой – эволюцией технологий добычи энергоносителей и энергосбережения, а также формированием рынка альтернативной энергетики<sup>7</sup>, т.е. результатом сдвигов в развитии технологий, энергетики, производственного аутсорсинга и т.д.

Можно сделать вывод: чем дальше горизонт прогнозирования, тем меньше остается «квазистационарных закономерностей»<sup>8</sup> и тем большую роль играют решения и действия хозяйствующих субъектов. Другими словами, основным источником неопределенности является деятельность акторов, а не изменение «объективных» параметров развития.

**Телеологичность.** Необходимым условием, а в ряде случаев – непосредственной задачей долгосрочного прогноза, является формирование «видения» (vision) – целостной непротиворечивой<sup>9</sup> картины будущего, отражающей те или иные перспективы социально-экономической эволюции. Речь идет не только о желаемом будущем. Не меньшее значение имеет анализ перспективных рисков, системы вызовов, связанных с предполагаемым изменением условий развития (ресурсных шоков, сменой параметров конкурентной среды и т.п.)<sup>10</sup>.

**Системность** – ключевая характеристика долгосрочного прогноза<sup>11</sup>. Помимо набора основных ма-

кроэкономических параметров разрабатывается ряд специализированных оценок для отдельных секторов, зависящих от развития экономики в целом либо, напротив, определяющих экономический ландшафт в долгосрочной перспективе. Это связано с двумя обстоятельствами: увеличением спектра индикаторов социально-экономического прогресса, которые претерпевают принципиальные изменения и тем самым влияют на его основные итоги, а также необходимостью проверки сбалансированности принятых гипотез и достижимости целевых показателей прогноза. Нестыковки и ограничения, препятствующие достижению запланированных параметров роста, проявляются именно в рамках прогноза специализированных характеристик, таких как топливно-энергетический, бюджетный и инвестиционный баланс.

В первую очередь, к подобным факторам относится смена отраслевой структуры экономики. Если в среднесрочном периоде ее можно считать почти неизменной (с точностью до влияния внешних и, особенно, внутренних шоков), то в долгосрочном – она неизбежно станет иной. И, что главное, это изменение послужит самостоятельным макроэкономическим компонентом, определяющим источники и рынки, за счет которых будет происходить экономический рост в перспективный период.

Соответственно, в долгосрочном прогнозе ключевое значение приобретает именно анализ технологического развития. Он призван ответить на вопросы, какую роль для той или иной отрасли будут играть технологические ограничения (обеспечивается ли требуемый для преодоления ресурсных лимитов уровень роста эффективности использования ресурсов) и создаются ли предпосылки для выхода российской продукции на новые и развивающиеся рынки.

К наиболее важным признакам стратегического подхода к долгосрочному прогнозированию относятся:

- высокая степень неопределенности развития в длительной перспективе, требующая применения сценарного метода;
- наличие явных субъектов со своими интересами и ресурсами;
- многоаспектность прогноза, необходимость системного видения;
- наличие самовоспроизводства ресурсов (замкнутых обратных связей) в пределах прогнозного периода;
- инновационность (неизбежное изменение структурных пропорций, появление новых игроков, ресурсов, иных типов мотивации и др.);

<sup>5</sup> Связаны со сложившимися структурными пропорциями в сферах производства и потребления, поведением экономических субъектов (определяющим, например, такой важнейший параметр, как соотношение динамики реальной заработной платы и производительности труда).

<sup>6</sup> Неприятное исключение составляет инфляция – ее, разумеется, можно разогнать довольно быстро.

<sup>7</sup> Более того, даже объем доступных к разработке (экономически оправданной) запасов природных ресурсов определяется изменениями в используемых технологиях (например, начало полномасштабного освоения нефтяных песков в Канаде означает введение в коммерческий оборот значительных, сопоставимых с размерами крупнейших известных сейчас месторождений запасов углеводородного сырья). Аналогично, на территории России находятся крупные залежи тяжелой и вязкой нефти, которые при определенном развитии событий окажутся востребованным ресурсом для эксплуатации национальными нефтяными компаниями.

<sup>8</sup> Так, для дальнесрочного (пятидесятилетнего) прогноза даже изменение климата до известной степени является «неопределенным» параметром – по крайней мере в части, связанной с выбросами газов, приводящих к парниковому эффекту.

<sup>9</sup> Точнее, «регулируемо противоречивой», подразумевающей, что снятие противоречий между отдельными условиями и факторами развития обеспечивает качественные изменения в структуре народного хозяйства, темпах и пропорциях экономического роста.

<sup>10</sup> Собственно, почти любой стратегический прогноз и, соответственно, долгосрочная политика основаны на классической паре «вызов-ответ». Различные школы прогнозирования (применительно к тем или иным решаемым задачам, субъекту-адресату, методологии и пр.) делают акцент либо на внешней среде и анализе рисков, либо на ресурсах и «окнах возможностей».

<sup>11</sup> Отметим, что определенность показателей «итогов развития» практически всегда выше, чем точек в середине прогнозного периода.

• важность качественного описания будущего (желаемого либо как «системы угроз»).

**Ретроспективность.** В ряде важных с точки зрения практики случаев долгосрочный прогноз становится «ретроспекцией будущего». Он отвечает на вопрос о принципиальной достижимости целевых параметров, требуемых для этого ресурсах и мерах, возможных траекториях. В силу этого логика прогноза здесь становится обратной – от целевого уровня к текущей ситуации<sup>12</sup>.

**Инновационность.** Среднесрочный прогноз, как правило, не предполагает принципиальных изменений в характере воспроизводственных процессов, управлении экономикой, позиционировании на рынках (максимум возможного на 3–5-летнем горизонте, пожалуй, налоговые новации и изменения цен естественных монополий<sup>13</sup>). В более длительном периоде неизбежно появление радикальных инноваций в различных сферах экономики и обществе. Долгосрочный прогноз – это фактически предвидение влияния на экономическое развитие новых факторов и тенденций.

Необходимо учитывать, что итогом развития в долгосрочной перспективе станут новые, не существующие в настоящее время формы бизнеса, субъекты принятия решений и др., что обуславливает необходимость качественного описания его целостной картины. Причем качественная характеристика, включающая в себя ряд принципиально не квантифицируемых параметров, зачастую более важна, чем собственно количественные индикаторы долгосрочного прогноза.

**Учет не прямых воздействий.** В долгосрочном периоде ключевое значение приобретают факторы, косвенным образом воздействующие на основные показатели социально-экономического развития. Проявляется известное правило о преимуществе «непрямой стратегии».

К числу таких факторов относятся, например, влияния:

- демографических сдвигов (старения населения) – на величину налоговой нагрузки на экономику и динамику инвестиций;
- формирования среднего класса – на объем национальных сбережений, потребление услуг образования и здравоохранения;
- инвестиционной активности отраслей – на динамику экспорта, сальдо торгового баланса и параметры монетарной политики.

**Учет глобального контекста.** С течением времени влияние глобализации на развитие российской экономики будет расти как по масштабу, так и по охвату ее сфер.

Среди наиболее важных факторов подобного влияния следует выделить:

- динамику важнейших рынков и цен на ресурсы (пример: цены на энергоносители в значительной степени определяют основные параметры развития национальной экономики – увеличение потребительского и инвестиционного спроса, денежного предложения и инфляции и т.д.);

• рост инфляции, особенно на глобальных рынках (продовольствия, отдельных видов сырья);

- развитие технологий;
- эволюцию рынков и приток капитала.

## Способы формирования сценариев долгосрочного развития

Разработка сценариев – базовый элемент долгосрочного прогнозирования. Методика его построения предполагает наложение двух комплексов факторов, воздействующих на социально-экономическую систему (и, в частности, на научно-технологическую сферу). Первый – немногие устойчивые в долгосрочном периоде объективные тренды – в демографии, экологии, воспроизводстве человеческого капитала и природных ресурсов. Второй – стратегические решения крупных субъектов мировой и отечественной экономики, направленные на предупреждение будущих проблем (противоречий, ресурсных ограничений и др.)<sup>14</sup>. Они группируются вокруг ограниченного числа позиций, составляющих стратегическую повестку дня на национальном и международном уровнях.

В настоящий момент общемировая перспектива охватывает следующие основные взаимосвязанные позиции:

- Способ снятия противоречий в денежной сфере (проблемы «двойного дефицита» в американской финансовой системе и нового многовалютного режима; обеспечение за счет реальных активов устойчивости многоступенчатой системы денежных и финансовых инструментов и др.).

- Варианты адаптации глобального экономического порядка (формальных и неформальных институтов) к подъему новых центров экономической силы, формированию в отдельных странах (Китае, России, Индии) полноценных индустриальных «комплексов», объединяющих национальную инновационную систему (НИС), источники сырья и производство конкурентоспособной продукции.

- Пути приспособления к новой ситуации на рынках первичных ресурсов – стремительному повышению цен на сырье, энергоносители и продовольствие, возникновению структурного дефицита источников энергии на отдельных рынках (Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) и др.), росту политических рисков при их добыче и транспортировке.

- Формирование новых прорывных технологических направлений, повышающих уровень технологий и качества продукции и задающих в перспективе «де-факто» новые потребительские стандарты. В то же время они создают сферы уникальных компетенций для стран-лидеров, являющиеся основой привлечения инвестиций в высокодоходные проекты (для США вопрос отсутствия программ, способных стать опорой для инвестиций в долларовые активы, стоит особенно остро; в качестве вероятного претендента на роль но-

<sup>12</sup> Отметим, что определенность показателей «итогов развития» практически всегда выше, чем точек в середине прогнозного периода.

<sup>13</sup> Исключение, естественно, составляет стресс-тестирование, связанное с анализом реакции экономики на те или иные резкие воздействия.

<sup>14</sup> Или «пассивные решения», означающие инерциальное следование в рамках тенденций, которые будут сформированы решениями других игроков.

вого «технологического бустера» американской экономики выдвигается альтернативная – водородная энергетика).

- Адаптация развитых стран к демографическому вызову, включающему дефицит рабочей силы, старение населения, увеличивающее нагрузку на системы пенсионного обеспечения и здравоохранения, массовую иммиграцию населения из развивающихся стран.

Российской экономике предстоит сделать принципиальный выбор между сырьевым и инновационно-активным вариантами развития. Первый вектор исходит из имеющихся конкурентных преимуществ, главным образом, в сферах добычи и экспорта углеводородов, в отдельных сегментах энергетики, транспорта и высоких технологий. Второй основывается на создании новых возможностей и центров компетенций в производстве продукции высокой степени переработки.

Другими словами, Россия находится на «развилке» (в точке бифуркации); ее преодоление означает реализацию стратегического выбора, что позволяет снять системные противоречия и использовать дополнительные возможности эволюции. Набор таких решений, выстроенный в определенной логике, устраняет неопределенность в долгосрочной перспективе и формирует сценарии развития.

## Алгоритм долгосрочного прогнозирования

Вначале определим тенденции, задающие условия прогноза, не зависящие от проводимой экономической политики:

- внешние: изменения спроса на энергоносители в основных экономических регионах мира, потоков и стоимости капитала на мировых рынках и др.;
- внутренние: остаются неизменными в течение всего прогнозного периода. Классический случай – демографические тренды.

Затем следуют качественный отбор и анализ влияния наиболее значимых факторов долгосрочного развития. К ним относятся:

- факторы, существенно влияющие на российскую экономику в долгосрочной перспективе, которые вытекают из тенденций развития глобальной экономики, демографии, рынков энергоресурсов, вооружений, технологий и т.д.;
- оценка связанных с ними социально-экономических рисков;
- формирующиеся в соответствующих сферах «окна возможностей», использование которых позволит ускорить экономический рост и улучшить социальные параметры.

Например, динамика внешнего спроса на вооружения как одного из важнейших факторов долгосрочного развития подвержена рискам, связанным с вытеснением российских производителей с традиционных рынков Индии и стран АТР. В то же время дополнительные

возможности открываются при расширении присутствия России на рынках оружия в результате кооперации с крупными мировыми компаниями оборонно-промышленного комплекса.

На третьем этапе выделяются «критические точки», в которых возможны существенные изменения сложившихся ранее тенденций экономического и социального развития. Они выявляются путем совместного анализа внешних и внутренних рамок и факторов развития, определения соответствующих трендов с последующим наложением их на временную ось. Главное здесь – определение тех временных моментов, когда в результате исчерпания ресурсов или под воздействием внешних сил сохранение сложившихся тенденций станет невозможным. Важность нахождения этих точек заключается в том, что их преодоление означает реализацию конкретного выбора в зоне угроз и в «окнах возможностей».

Четвертый этап – формирование пакета базовых сценариев долгосрочного развития. Пространство для их построения структурируется при помощи графа, в узлах которого находятся критические точки, а ребра представляют собой альтернативные возможности эволюции социально-экономических процессов после прохождения этих точек. Из возможных вариантов развития выбираются наиболее вероятные, которые составляют набор базовых долгосрочных сценариев.

Наконец, проводятся количественная оценка построенных сценариев с использованием долгосрочной модели и анализ результатов проведенных расчетов.

## Стратегическое управление научно-технологическим развитием

Особенностью долгосрочного научно-технологического прогноза является значительный уровень неопределенности и высокая «цена вопроса» при принятии ошибочных решений. Так, даже в рамках самых «мягких» технологий формирования подобного прогноза, учитывающих позицию и видение широкого круга реальных участников технологического процесса<sup>15</sup>, удается, как правило, зафиксировать только общие перспективные направления технологического прогресса (хотя бы в силу того, что избранные приоритеты начинают притягивать деньги, квалифицированные кадры и т.д.). Но «угадать» конкретные прогрессивные решения удается редко, поэтому реализуется близкий к задуманному вариант развития.

Однако неудачный прогноз, особенно при чрезмерной концентрации на малоперспективном направлении, чреват для страны полной утратой конкурентных позиций в соответствующей сфере<sup>16</sup>. Тем более высоки риски при традиционных, административно-ориентированных, способах выбора приоритетов.

Необходимо отметить, что долгосрочное прогнозирование в прикладном плане может рассматриваться

<sup>15</sup> Что, разумеется, не дает никаких гарантий против тиражирования массовой мифологии (в ее более или менее элитарном варианте) в сфере науки и технологий.

<sup>16</sup> Классические примеры – срыв советской компьютерной программы, слишком жестко ориентированной на развитие малых ЭВМ и построенных на их базе АСУ различного назначения (административного, народно-хозяйственного, производственно-технологического, оборонного). Становление персональных компьютеров и их сетей означало, что реальная эволюция вычислительной техники пошла совершенно иным путем, а инвестиции в мини-ЭВМ оказались в значительной мере ошибкой. Аналогичный просчет допустила в 1970-х гг. Япония, пытаясь выйти на мировой рынок гражданской авиатехники со средним транспортным самолетом С-1.

только как элемент управления определенной сферой (в нашем случае – развитием науки и технологий). Выделяется несколько принципиальных вариантов долгосрочного прогнозирования как управленческой технологии.

**Жесткое нормативное прогнозирование**<sup>17</sup>. Фиксируется конечное состояние, к которому «проводится» тренд от текущего положения. Выполнение задачи регламентируется нормативным документом той или иной степени жесткости (в лучшем случае – в виде национального проекта), выделяются необходимые ресурсы, на финише анализируются результаты.

Данный вариант в силу широкого спектра рисков (к обычному их набору добавляются технологические) практически неприемлем для долгосрочного прогнозирования, хотя и может применяться для решения отдельных узких задач.

**Скользящее прогнозирование с коррекцией цели по ходу реализации.** Прогноз регулярно уточняется в связи с изменением внешних условий и корректировкой целей развития. В соответствии с новыми задачами и имеющимися ресурсами меняется набор инструментов долгосрочного развития – программ и проектов национального и отраслевого уровня, институтов НИС и т.д. Этот вариант широко применяется в практике прогнозирования и управления в экономически развитых странах (ныне и в России). Тем не менее наметились признаки его кризиса, связанного с ростом стратегической неопределенности будущих перспектив.

**Прогноз, ориентированный на формирование универсального адаптационного потенциала.** Высокий уровень неопределенности, присущий долгосрочному периоду (с учетом коренных изменений рынков, цен на ресурсы и условий прогресса), в ряде случаев подразумевает сценарное прогнозирование общих параметров эволюции, системы действующих игроков и изменения институтов развития<sup>18</sup>.

Речь идет о формировании универсальных («адаптационных») – в терминологии, используемой в последние годы) потенциалов различного характера – управленческих, образовательных, научных, демографических, – позволяющих достигать успеха при любых ситуациях.

В целом с точки зрения менеджмента предлагается следующий подход к прогнозированию:

– **на дальнюю долгосрочную и дальнесрочную перспективу (15–20 и 25–30 лет соответственно).** Фиксируются лишь основные тенденции. Управленческий акцент делается на создании различных универсальных потенциалов, используемых в зависимости от того или иного варианта развития событий.

В данном случае подразумевается развитие фундаментальной науки (конкретные результаты соответствующих исследований прогнозируемы лишь посредством оценки общих направлений использования), инфраструктуры общего назначения, системы образования в целом;

– **на ближнюю долгосрочную перспективу (7–12 лет).** Формируются сценарные прогнозы, периодически обновляемые с учетом изменения условий конкуренции на рынках, доступных ресурсов и национальных целей.

Управленческий аспект предполагает реализацию в рамках частно-государственного партнерства и выбранных приоритетов системы долгосрочных проектов («мегапроектов» – термин в настоящее время используется крайне неточно) по созданию новых технологий и демонстрационных образцов качественно усовершенствованной техники. Изменение условий развития означает адаптацию соответствующих программ (в том числе приспособление технологий под иные сферы использования<sup>19</sup>), их досрочное завершение и формирование новых;

– **на кратко- и среднесрочную перспективу** в пределах «бюджетной трехлетки» и соответствующих горизонтов в бизнес-планировании (3–5 лет). Применяется традиционное среднесрочное прогнозирование, поддерживающее реализацию в государственном и частном секторах определенных проектов, ориентированных на достижение результата в фиксированные сроки.

## Принципиальные подходы к технологическому прогнозированию

Возможны два взаимодополняющих метода определения приоритетов научно-технологической политики. Они характеризуются как «макроуровневый», вытекающий из макроэкономического прогноза, и «микроуровневый», исходящий из определенных интересов субъектов деловой активности в области развития технологий.

**Макроуровневый подход** выявляет технологические направления, наиболее значимые в макроэкономическом плане, способствующие расширению экспорта по важнейшим товарным группам (включая машины и оборудование), повышению эффективности производства и энергопотребления и т.п.

Технологический прогноз является способом конкретизации макроэкономического прогноза, его проекцией на сферу технологического развития. Основной риск в данном случае представляет возможная невостребованность бизнесом тех разработок, которые соответствуют экспертно заданным приоритетам. Если эксперты не являются реальными субъектами принятия инвестиционных решений, их представления о возможном позиционировании национальной экономики на мировом рынке в долгосрочной перспективе и, соответственно, предлагаемый технологический профиль оказываются оторванными от актуальных направлений, необходимых российским компаниям для повышения эффективности их бизнеса. Результатом в лучшем случае станет распыление ресурсов,

<sup>17</sup> Определенным аналогом тут может послужить нормативное планирование советского периода.

<sup>18</sup> Классическим примером является знаменитый доклад Национального совета по разведке США «Mapping the Future», выстроенный вокруг сценариев формирования новых политико-экономических «центров силы».

<sup>19</sup> Частный случай – конверсия военных технологий (вообще говоря, любой технологический трансферт).

когда частный сектор концентрирует активы на одних технологических программах, а государство – на других<sup>20</sup>. В худшем – может возникнуть конфликт между указанными сторонами по поводу принятия решений относительно технологического развития.

**Микроуровневый подход** определяет технологические векторы, в продвижении которых заинтересованы деловые круги. В связи с этим, с точностью до противоречий между различными субъектами бизнеса<sup>21</sup>, перспективный технологический профиль экономики формируется как сумма запросов на передовые способы производства со стороны бизнес-структур.

Основным ограничением применимости микроуровневого метода являются короткие прогнозные горизонты бизнеса (в России для средних компаний, по оценкам, не более 3–5 лет), что сводит на нет саму возможность долгосрочного научно-технологического прогнозирования. Будущее развитие для таких компаний либо неопределенно, либо выглядит простым «продленным настоящим».

Необходимо отметить, что упомянутые два подхода, которые противоречат друг другу по технологиям прогнозирования и результатам, все же поддаются согласованию, чему могло бы способствовать определение нового стратегического позиционирования российских компаний на внутренних и внешних рынках. Ключом к этому является изменение технологического профиля национальной экономики.

Интегратором макро- и микроуровневого подходов служит процедура национального технологического Форсайта. Для его реализации необходимо разработать сценарии технологического развития, опирающиеся на макроэкономический прогноз российской экономики и соответствующие им приоритетные направления. Кроме того, следует выявить технологические ориентиры отечественных компаний. Взаимное согласование обоих подходов является одной из ключевых задач Форсайта, которая решается за счет формирования партнерских альянсов между бизнесом, государством и научными кругами.

## Сценарии технологического развития

Пространство долгосрочных сценариев технологического развития формируется двумя группами факторов.

Первая связана с развитием институтов НИС, которые, в свою очередь, определяются реализующимся

сценарным вариантом прогноза, фиксирующим логику ее эволюции в целом.

Вторая определяется наличием либо отсутствием проектной компоненты в технологическом прогрессе. С одной стороны, реализация крупномасштабных проектов позволяет задействовать имеющиеся заделы разработок, обеспечив возможность для локальных прорывов на новые рынки. С другой – она несет в себе ряд технологических, политических и административных рисков.

Набор вариантов долгосрочного развития российской экономики представлен в табл. 1. Рассмотрим их более детально.

**Сценарий догоняющего развития**, будучи частью общего энергосырьевого макроэкономического сценария, имеет следующие особенности:

- НИС выстраивается в основном вокруг решения задач модернизации секторов ТЭК (включая атомный), транспорта, сопряженных отраслей машиностроения;
- ориентация НИС на импорт технологий и их адаптацию к российским условиям;
- ограниченные возможности реализации крупномасштабных технологических проектов.

Предполагается, что наукоемкий сектор российской промышленности в основном будет встраиваться в мировые технологические цепочки, причем в качестве «младшего» зависимого партнера.

Важно подчеркнуть, что данный сценарий с учетом принятых гипотез о глобальных тенденциях подразумевает их усиление во всех аспектах. А именно: унификацию институтов и дальнейшее развитие «институционального трансферта», интернационализацию производства на основе распространения аутсорсинга и международного разделения труда, ужесточение всех видов конкуренции с другими центрами производства продукции высокой степени обработки<sup>22</sup>.

В результате развитие российского наукоемкого сектора будет определяться разрешением следующего противоречия. С одной стороны, речь идет о размывающей его целостность тенденции включения российских высокотехнологичных компаний и научных организаций в международное разделение труда, что выразится в спонтанной трансформации рассматриваемого сценария в «разомкнутую НИС».

С другой стороны, масштабы спроса на технологии, предъявляемого интенсивно развивающимися российскими гигантами в сфере добычи углеводородов, металлургии, атомной энергетики, транспорта, химии, приведут к реинтеграции высокотехнологичного ком-

Табл. 1. **Матрица долгосрочных сценариев технологического развития России**

Сценарные факторы	Направленность сценариев	
	энергосырьевая	инновационно-активная
Институциональная логика развития	Догоняющее развитие	Создание инновационной среды
Наличие проектной компоненты	Разомкнутая НИС	Локальное технологическое лидерство

<sup>20</sup> Именно несовпадение интересов российских компаний и приоритетов государства ограничивает эффективность существующего механизма государственной поддержки «критических технологий».

<sup>21</sup> Классическим для России является конфликт по поводу приоритетности развития технологий ядерной или угольной электроэнергетики.

<sup>22</sup> Следует отметить, что зарубежные обладатели ноу-хау всегда заинтересованы в сохранении у себя той части передовых технологий, которая гарантирует контроль за производством внутри страны, и следят за тем, чтобы подчиненная структура не превратилась в конкурента.

плекса и, возможно, к ускоренной капитализации отдельных компаний. Это, в свою очередь, спровоцирует формирование в отдельных сегментах сектора международных центров компетенций, способных самостоятельно становиться системными интеграторами в интернациональных проектах.

**Сценарий «разомкнутой НИС»** представляет фактически разновидность предыдущего варианта развития и его возможный итог. Характеризуется тем, что для сохранения наукоемкого сектора национальной экономики реализуется набор исследовательских и технологических инициатив, ориентированных на внешних контрагентов. Поскольку, согласно такому сценарию, возможности для расширения спроса на инновации со стороны российских компаний ограничены рамками ТЭК и сопряженных отраслей, интеграторами этих проектов выступают иностранные научные организации и высокотехнологичные компании. В результате российский хайтек станет фактически удаленным элементом инновационных систем развитых стран.

Рассматриваемый вариант, продолжающий логику развития отечественного сектора высоких технологий в 1990-х гг., может быть охарактеризован как сценарий фрагментарного встраивания России в глобальную инновационную систему. Однако, в отличие от ситуации прошлых лет, когда участие в международных научных программах позволило сохранить значительную часть российского научно-технологического потенциала, сегодня подобная политика несет в себе больше рисков для инновационного развития, чем дополнительных возможностей.

Во-первых, результаты работы российского высокотехнологического комплекса будут утилизированы – и в конечном счете, трансформированы в новое позиционирование на рынках – другими странами, имеющими уже выстроенные НИС и прочные позиции на соответствующих мировых рынках. В мировой практике широко известен парадокс т.н. «спин-эффекта». Он состоит в том, что плодами научно-технологического развития, как правило, пользуются не страны, осуществлявшие затраты на научные исследования, а те, которые обладают большим потенциалом в применении чужих разработок.

Во-вторых, вследствие «размыкания» российской НИС существенно уменьшатся возможности ее воспроизводства как целого в междисциплинарном сотрудничестве, интеграции научных и образовательных учреждений и т.д.

**Сценарий локального технологического лидерства** проецирует инновационно-активный макроэкономический вариант развития (точнее, сценарий формирования «центра силы» мировой экономики) на технологическую плоскость. Он направлен на максимальную реализацию инновационного потенциала российской экономики.

Как показывает международный опыт, этого можно достичь только за счет эффективного использования «преимуществ отсталости» – инициирования (в том числе в кооперации с зарубежными партнерами<sup>23</sup>) серии «нишевых» высокотехнологических проектов в

тех сферах, где страны-лидеры в силу определенных причин (недостаточных заделов, высоких технологических рисков и пр.) не проявляют активности.

Предусматривается осуществление прорывных «нишевых» инициатив в отдельных направлениях, где российские производители обладают значительными наработками или конкурентными преимуществами. Это прежде всего аэрокосмический сектор (могут быть реализованы, частично в кооперации с зарубежными странами, проекты по созданию сверхзвукового пассажирского самолета, воздушно-космической суборбитальной транспортной системы, экраноплана), судостроение, отдельные элементы биофармакологии.

Сценарий реализуется в два этапа. Подготовительный этап (до 2011 г.) предполагает активные инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры, материально-технической базы научной сферы, а также изменения существующих организационных и институциональных форм функционирования высокотехнологического сектора. Он нацелен на формирование работоспособной НИС. На данном этапе реализация инновационного вектора будет определяться макроэкономическими показателями энергосырьевого сценария. А с 2011–2012 гг. при сформированной НИС получит старт реальное инновационное развитие.

Предполагается, что с 2011 г. начнется разработка российских инновационных технологий с элементами западных заимствований, которые в перспективе позволят перейти к «опережающему» типу экономического развития. Для обеспечения устойчивости этой тенденции в указанный период необходимо параллельно сформировать заделы для технологий не только «завтрашнего», но и «послезавтрашнего дня». В рамках инновационного сценария целесообразно сфокусировать усилия на поддержке и развитии межотраслевых системных технологий, способных обеспечить эффект во многих секторах экономики, а также на масштабных «прорывных» отраслевых проектах (например, создании дальнемагистрального сверхзвукового пассажирского самолета второго поколения). Оптимальным вариантом представляется реализация 6-8 мегапроектов, способных задать инновационный контур развития российской экономики. Их основные критерии:

- комплексный или межотраслевой характер (разработка и производство нового продукта посредством технологических цепочек затрагивают не только собственную отрасль, но и ряд «смежных»);
- длительный жизненный цикл – за пределами 2030 г. (новый продукт делает «устаревшими» все современные изделия данного класса);
- появление новых производств, создающее предпосылки для формирования крупных территориальных технологических кластеров.

Сценарий локального лидерства подразумевает активное использование возможностей, вытекающих из предполагаемых вариантов развития глобальной экономики.

При сохранении курса на формирование новых центров силы и инновационного варианта эволюции

<sup>23</sup> Путь привлечения зарубежных технологий более выгоден для РФ, чем удовлетворение потребностей внутреннего рынка преимущественно за счет импорта, в тех областях, где российские производители не имеют достаточного потенциала для конкуренции с иностранными поставщиками.



российской экономики возникает ряд ниш, позволяющих с высокой эффективностью встраиваться в международные кооперационные цепочки, причем в ряде случаев – в роли системного интегратора проектов. В основе этого – наличие набора уникальных компетенций в сфере высоких технологий, позволяющих развиваться в качестве структурного дополнения по отношению к другим глобальным центрам экономической силы, прежде всего ЕС и Китаю. Это касается авиакосмического комплекса, ядерной энергетики, отдельных видов биотехнологий, оборонной промышленности, судостроения. Кроме того, в некоторых среднетехнологических производствах существуют возможности для адаптации западных технологических решений (прежде всего в области ИКТ: системы управления качеством и производственными процессами и др.).

Рассмотренный сценарий представляется наиболее перспективным с точки зрения использования имеющегося научно-технологического потенциала и улучшения позиционирования российской продукции на рынках.

## Прогнозные оценки перспективных технологий на основе сценария локального технологического лидерства

### Информационно-коммуникационные технологии

Локальное технологическое лидерство делает акцент на инвестициях в национальные разработки, прежде всего в сферу силовой и сильноточной электроники (магнетроны, СВЧ-электроника и пр.), программного обеспечения, что способствует интеграции в глобальный рынок и выходу по некоторым узким направлениям на лидирующие позиции.

Поскольку уровень российской индустрии программного обеспечения в целом соответствует мировому и отмечается достаточная концентрация квалифицированных специалистов, целесообразно оказать поддержку оригинальным разработкам в этой сфере. Но так как рынок уже поделен между несколькими крупными игроками, следует сосредоточиться не столько на поддержке написания программ (что будет лишь способствовать встраиванию этого сектора в «мировые цепочки»), сколько на новых направлениях.

Наиболее перспективным представляется развитие технологий инженерного проектирования программ (software engineering), которые позволят существенно упростить программное обеспечение, повысив его надежность. Следует также стимулировать разработку методов автоматного программирования, которые упрощают описание поведения программ, делают их наглядными и понятными<sup>24</sup>. Необходимо отметить, что проект будет способствовать сокращению оттока компетентных программистов за рубеж.

В 2011–2020 гг. целесообразно активно развивать технологии хранения и обработки данных, при этом упор следует сделать сразу на нескольких направлениях:

- создание молекулярной электроники – наноэлектроники;
- использование сверхпроводников в микроэлектронике и разработка сверхпроводников третьего поколения;
- производство органических полупроводников;
- изготовление гибких электронных компонентов на органических и кремниевых подложках.

В сфере ИКТ уже в 2009–2010 гг. необходимо начать освоение грид-технологий (grid computing technology)<sup>25</sup> и формирование национальной грид-сети. Подобные работы уже активно ведутся во всех развитых странах и в Китае, а в России до сих пор не начаты.

Наиболее перспективным является применение грид-технологий в научно-образовательной сфере. Их можно использовать в самых разных фундаментальных областях и проектных работах, где требуются ресурсоемкие распределенные вычисления: физике, астрономии, геномике, протеомике, общем метеорологическом прогнозировании, моделировании и анализе экспериментов в ядерной физике, создании ядерного оружия, нанотехнологиях, проектировании аэрокосмических аппаратов и автомобилей, медицинской диагностике и т.п.

К 2020 г. экспорт ИКТ должен достичь не менее 30 млрд долл. Кроме того, к 2011–2020 гг. необходимо завершить формирование технико-экономического уклада на базе широкого использования ИКТ как интегрирующего элемента глобальных механизмов организации производств, новейших схем логистики, систем комплексного автоматизированного управления производством, включая стадию проектирования, конструирования и контроля. Всеобщее распространение должны получить технологии системной поддержки жизненного цикла продукции (CALS-технологии).

### Био-, медицинские и фармакологические технологии

Наряду с инвариантными действиями, предлагаемыми энергосырьевым сценарием, предусмотрены перечисленные ниже направления эволюции биомедицинских технологий.

Основной задачей в развитии системы здравоохранения в РФ в 2009–2011 гг. должна стать ее перестройка и трансформация от клинической (лечебной) к превентивной, основанной на новейших достижениях, связанных с генойной диагностикой.

Кроме того, достижения генойной инженерии позволят осуществить технологический переворот в производстве высокоэффективных лекарственных средств. Ключевой тенденцией станут создание нового поколения таргетных фармакологических препаратов, а также разработка и внедрение технологий, основанных на ис-

<sup>24</sup> Автоматное программирование имеет преимущества при проверке программного кода (тестировании задач), при построении программных комплексов со сложным поведением, особенно для проектного документирования. Кроме того, оно позволит развивать бизнес в сети Интернет и инструменты проектирования.

<sup>25</sup> Термин «грид-компьютинг» используется для описания процесса интеграции различных по мощности и территориально удаленных друг от друга компьютеров в универсальную программно-аппаратную инфраструктуру. Эта технология позволяет эффективно использовать вычислительные мощности для решения различных ресурсоемких научных задач и безопасного, скоординированного разделения активов в рамках виртуальной организации. Важное преимущество грид-технологий в том, что они дают возможность объединить в единую сеть гетерогенные вычислительные ресурсы, формально не связанные общим программным обеспечением, и не требуют централизованного администрирования. Обязательным условием развития грид-компьютинга является наличие высокоскоростных сетей.

пользовании эмбриональных стволовых клеток и профилактических прецизионных биодобавок.

Следовательно, в 2008–2011 гг. необходимо оказать масштабную финансовую, техническую и маркетинговую поддержку немногочисленным разработкам, ведущимся в этом русле. Проект нацелен не только на интеграцию в глобальный рынок, но и на лидерство по некоторым узким направлениям.

В 2012–2020 гг. одной из важнейших задач станет массовый переход к нанотехнологиям, которые позволят решить целый ряд медицинских проблем, в частности в диагностике детских инфекций. Подобные биоинженерные исследования уже ведутся, поэтому в инновационном сценарии им отводится роль одного из приоритетных направлений. В связи с этим предстоит поддержать исследовательские группы, занимающиеся проблемами анализа белковых структур, диагностики инфекций, изучением иммунного статуса пациентов и предрасположенности их к различным заболеваниям. Это позволит восстановить научно-исследовательскую базу в области биотехнологий. Один из перспективных проектов – молекулярная диагностика инфекционных болезней при помощи атомно-силовой микроскопии. Она станет основой нового экспресс-метода лабораторного анализа инфекций, который может применяться для оценки качества существующих вакцин и их эффективности, а также при разработке новых лекарств.

Другой возможный приоритет – развитие молекулярного моделирования, которое является начальным этапом в производстве новых лекарственных средств<sup>26</sup>. Россия пока сохраняет некоторый потенциал в этой области. Целесообразно выстроить систему для решения задач молекулярного моделирования с использованием технологий распределенных вычислений. Она значительно сократит временные и материальные затраты на производство фармпрепаратов. В 2011–2020 гг. необходимо сформировать сеть лабораторий полного цикла разработки лекарств: от нахождения моделей ингибиторов с нуля до их синтеза с последующей проверкой в эксперименте.

Продукция новых лабораторий может найти применение не только в фармацевтической промышленности, но и в сельском хозяйстве, в сфере экологии (для определения токсичности веществ).

Перспективным для создания медицинских инноваций является использование заделов в области ядерной физики. К ним относится, в частности, разработка технологий производства устройств чрезкожной электростимуляции, которые станут альтернативой медикаментозным способам борьбы с болью (специальные пластыри-приборы с подачей микроимпульсов на нервные окончания в область боли).

К другим важным направлениям, в которых имеются заделы и ведутся оригинальные исследования, относятся:

- иммунотерапевтические подходы к лечению онкологических заболеваний, такие как новое поколение препаратов-вакцин, способных активировать иммунитет против опухоли<sup>27</sup>;
- создание лекарств на основе пептидов для лечения тяжелых болезней.

### Новые материалы и нанотехнологии

В 2008–2010 гг. целесообразно сосредоточить усилия на создании нанонауки. Ряд необходимых шагов в этом направлении являются общими для энергосырьевого и инновационного сценариев.

Очевидно, что без нанонауки не возможна эффективная nanoиндустрия. При формировании последней следует ориентироваться на потребности российского высокотехнологичного сектора и его наиболее передовые разработки, способные получить заметную долю мирового рынка.

В период с 2011 по 2020 г. предполагается развернуть производство российских композиционных материалов по таким направлениям, как:

- композиты на основе высокопрочных и высокомолекулярных углеродных волокон (для применения в аэрокосмической, ядерной и строительной отраслях);
- высокотемпературные непрерывные и дискретные волокна (для создания теплоизоляционных, огнеупорных, огнезащитных и конструкционных материалов, работающих при высоких температурах, для нужд энергетики, металлургии и строительства);
- энерго- и ресурсоемкие барьерные материалы на основе карбида кремния, имеющие высокий экспортный потенциал;
- углеродные электроды для черной и цветной металлургии.

### Энергетика и энергомашиностроение

Развитие углеводородной энергетики и энергомашиностроения предусмотрено всеми рассмотренными технологическими сценариями.

Существенные отличия по отдельным сценариям состоят в темпах развития ядерных технологий. Так, в случае форсирования разработки реактора нового поколения на быстрых нейтронах к 2015 г. станет возможным запуск серии атомных реакторов типа БН-1600, что создаст после 2020 г. существенные конкурентные преимущества для российского атомного комплекса. Активное участие России в проекте создания международного термоядерного экспериментального реактора (ITER)<sup>28</sup> позволит перейти к экономически рентабельному производству электроэнергии на базе реакции ядерного синтеза.

<sup>26</sup> Подобные роботизированные системы методом простого перебора молекулярных моделей проверяют миллионы возможных соединений и формируют базы данных ингибиторов.

<sup>27</sup> Перспективным направлением в этой области является создание препаратов на основе технологии выращивания дендритных клеток, которые обычно участвуют в процессах иммунного ответа из стволовых клеток, с последующим примыканием антигенов опухолевых клеток к дендритным клеткам. Кроме того, создаются инновационные вакцины на основе генномодифицированных опухолевых клеток пациента. В такие клетки вставляется специальный ген, который моделирует воспаление, чем привлекает иммунитет к опухолевым клеткам и активизирует его.

<sup>28</sup> Международный термоядерный реактор будет построен в Кадараше (департамент Буш-де-Рон на юге Франции). Его строительство предполагается завершить к 2017 г., после чего он будет функционировать в течение 20 лет. Общая стоимость проекта оценивается примерно в 10 млрд долл., из которых 40% внесет Евросоюз, а 60% – в равных долях – остальные участники.

**Авиастроение и ракетно-космическая техника**

Инновационный сценарий нацелен на решение проблемы технологического отставания авиационной промышленности за счет масштабного государственного финансирования. Это прежде всего касается фундаментальных разработок и расширения реализации проектов частно-государственного партнерства<sup>29</sup>. Кроме того, в долгосрочной перспективе предстоит осуществить ряд прорывных проектов, не имеющих аналогов в мире.

На первом этапе (до 2010 г.) предполагается широкое заимствование иностранных технологий с последующим замещением отечественными эквивалентами. В этот период следует сосредоточиться и на реализации проекта SSJ, но с более широким применением российских технологий<sup>30</sup>. Это будет способствовать стимулированию спроса на такие перспективные направления, как:

- бесштапельная сборка планера с лазерным позиционированием;
- ударопрочные многослойные электрообогреваемые композиции с низкими весовыми характеристиками, сохраняющими рабочие параметры в сложных климатических условиях;
- экологичные силовые установки (обеспечение запаса на уровне 15 EPNdB по шуму, а также сокращения эмиссии вредных веществ на 20%);
- высокоэффективные реактивные двигатели гражданского и военного назначения на основе нового газогенератора;
- средства поддержки экипажа транспортных средств в аварийных ситуациях;
- современное высокоэффективное авиационное радиоэлектронное оборудование и др.

Накопленный в результате технологический задел в сочетании с реструктуризацией системы управления отраслью позволят перейти к разработке самолетов большой вместимости и среднемагистрального класса (МС-21).

На втором этапе (2011–2020) предусмотрена реализация масштабных проектов комплексного и межотраслевого характера. Ключевым в этой области помимо МС-21 может стать создание дальнемагистрального (более 9 тыс. км полета без дозаправки) сверхзвукового пассажирского самолета с крейсерской скоростью порядка 2,7 М<sup>31</sup>. Главной его потребительской характеристикой представляется возможность межконтинентальных полетов с возвратом за один день с максимальным использованием рабочего времени<sup>32</sup>.

После 2020 г. планируется реализация проектов воздушно-космической суборбитальной транспортной

системы, экраноплана, коммерческих самолетов с нагрузкой 75–100 т и более, с дальностью полета порядка 13 тыс. км; самолетов с двигателями, работающими на криогенном топливе, вертолета с двигателями на сжиженном нефтяном газе и пр.

Здесь заложен хороший долгосрочный потенциал, поскольку сегодня Россия «идет в ногу» со странами, ведущими аналогичные исследования. Более того, у отечественных конструкторов имеется задел в области проектирования сверхзвуковых машин военного и гражданского назначения.

Перспективной является разработка следующих технологий:

- высокоэффективного реактивного двигателя, обеспечивающего бесфорсажный сверхзвуковой режим;
- конструкций планера самолета и корпуса космического корабля из композиционных материалов;
- трансформируемого крыла для сверхзвуковых лайнеров;
- повышения прочности конструкций (за счет наноматериалов), интерактивной диагностики и снятия показаний давления, температуры, деформаций и т.п. (нанодатчики);
- модернизации аэродинамики планера (поиск альтернативных компоновок, реализация концепции несущего фюзеляжа);
- создания электрического самолета<sup>33</sup>;
- совершенствования систем управления самолетами (использование оптоэлектронных кабелей вместо металлических проводников существенно снижает вес самолета и препятствует посторонним электромагнитным воздействиям на системы управления);
- качественно новых систем шумоглушения.

В аэрокосмическом военном секторе ключевым трендом станет переход в 2012–2015 гг. к новому уровню техники (введение в строй фронтальных истребителей пятого поколения, создание интегрированных территориальных систем ПВО/ПРО)<sup>34</sup>.

Намечается начать разработки авиационной платформы истребителя шестого поколения (беспилотных разведывательно-ударных систем) специально для нового двигателя, а также освоение гиперзвуковых скоростей (5–6 М) и высот свыше 30 км. В 2011–2020 гг. можно ожидать увеличения производительности труда в авиационной отрасли до 13–16% в год.

Целесообразно рассмотреть вопрос о возобновлении строительства дирижаблей. Эти сверхлегкие аппараты помогут существенно снизить транспортные издержки при освоении нефтегазовых месторождений Восточной Сибири после 2015 г.

В ракетно-космическом секторе ключевым станет введение в строй семейства ракет-носителей «Ангара»

<sup>29</sup> Инновационный сценарий не обеспечит резкого наращивания производительности на первом этапе за счет широкого применения импортных технологий. Однако в этот период будет заложена база для будущего лидерства отечественных «прорывных продуктов».

<sup>30</sup> Возможные затруднения по выполнению международных стандартов на первом этапе реализации проекта могут компенсироваться за счет использования импортных комплектующих (авионика, системы электродистанционного управления, возможно, двигатели и др.) при отсутствии отечественных аналогов.

<sup>31</sup> Число Маха ( $M = V/a$ ) – безразмерная величина, представляющая собой отношение приборной скорости полета ЛА к скорости звука на данной высоте. Приборная скорость ( $V$ ) измеряется приемником воздушного давления и отличается от скорости ЛА по отношению к земной поверхности. Скорость звука ( $a$ ) различна на разных высотах. Согласно «стандартной атмосфере» 1981 года – СА-81 (ГОСТ 4401-81) скорость звука на уровне моря и температуре 288,15 К (+15°C) – 340,294 м/с (1225 км/ч), а на высоте 20 км от уровня моря – 295,07 м/с (1062 км/ч).

<sup>32</sup> Разработки в этой области уже ведет и ОКБ им. А.Н.Туполева (проект Ту-444).

<sup>33</sup> Включая двигатели с интегрированным электрогенератором, электрические системы управления аэродинамическими поверхностями, автономную систему кондиционирования воздуха, электромеханизмы уборки и выпуска шасси, рестандартизацию бортовой электросистемы.

<sup>34</sup> Ключевой демонстрационной технологией, масштабное коммерческое использование которой будет возможным за пределами прогнозного периода, станет технология прямоточного воздушно-реактивного двигателя со сверхзвуковым горением (ПВРД), позволяющая достичь скорости ЛА до 8–10 М.

грузоподъемностью от 1,5 до 27 т, которые обеспечат стране гарантированный доступ в космическое пространство (включая пилотируемые полеты) без эксплуатации космодрома Байконур.

После 2012 г. следует рассмотреть вопрос о полномасштабной разработке многоразового космического корабля типа «Русь» (бывший «Клипер») и создания отечественной высокоширотной орбитальной станции (с наклоном орбиты до 72°), которая может стать опорным элементом в системе глобального мониторинга земной поверхности, а также базой для пилотируемого полета на Луну после 2020 г.

## Транспорт

На первом этапе реализации стратегии развития железнодорожного транспорта (до 2010 г.) необходима масштабная государственная поддержка ряда отечественных технологических разработок, таких как:

- системы обеспечения безопасности на транспорте, включая управление перевозками опасных материалов;
- автоматизация управления движением транспортных средств, перевозками грузов и их складированием на терминалах;
- двигатели для транспортных средств и систем – гибридные силовые установки, линейный тяговый электропривод, двигатели на сжатом природном газе, сжиженном нефтяном газе, криогенном топливе и др.

В этот период эффект от реализации инновационного сценария будет незначителен, однако накопленный технологический потенциал позволит на следующем этапе совершить резкий скачок в развитии отрасли. В связи с этим с 2010 г. важно сократить закупки иностранной техники и организовать собственные разработки по нижеперечисленным направлениям:

- движители для транспортных средств и систем – ходовой части подвижного состава на колесном, магнитном и комбинированном подвесе, эстакадная прокладка пути и др.;
- высокоскоростные электропоезда типа «Сокол-250» с конструкционной скоростью 250 км/ч<sup>35</sup>;
- пассажирский вагон с принудительным наклоном кузова;
- рельсы с улучшенной геометрией, упругие промежуточные скрепления, стрелочные переводы бесстыкового пути повышенной надежности, комплекс для укладки плетей;
- специальные реперные системы, технологии и средства управления постановкой пути в проектное положение при ремонтах и выправках;
- автоматизированные системы управления путевым хозяйством, комплексные технологии по ремонту и техническому обслуживанию пути и инженерных сооружений;
- тяговые подстанции нового поколения с быстродействующей адаптивной управляющей системой для условий скоростных магистралей.

Одним из перспективных направлений гражданского судостроения может стать строительство танке-

ров для транспортировки сжиженного природного газа (СПГ). Поскольку у России отсутствует опыт проектирования и строительства подобного рода танкеров, на первом этапе, до 2010–2011 гг., следует использовать иностранные лицензии, а затем перейти к применению собственных технологий. Так, отечественные разработки, предназначенные для космоса, при соответствующем развитии и адаптации к требованиям судостроения могли бы решить две принципиальные задачи: повышения эффективности конструкций танкеров и создания безопасной в эксплуатации компактной системы трубопроводов высокого давления на основе:

- компактных теплоизолирующих материалов, способных служить несущими элементами корпуса;
- недорогих материалов и конструкций, минимально деформируемых при перепадах температур до 200°С.

Еще одним успешным направлением может стать постройка несерийных специализированных судов, в том числе ледового класса, сложных контейнеровозов, «ро-ро» и т.п.

В автомобильном транспорте инновационный сценарий позволит перейти к разработке и широкому применению следующих передовых технологий:

- двигатели внутреннего сгорания с наддувом на природном газе, обеспечивающие выполнение экологического стандарта «Евро-5»;
- двигатели внутреннего сгорания на природном газе и водороде, имеющие эффективный КПД до 0,4 и отвечающие перспективным нормам по вредным выбросам;
- гибридные энергетические установки на основе дизелей и двигателей на природном газе, эксплуатационная экономичность которых на 20% выше по сравнению с существующими для автомобильного, железнодорожного и водного транспорта;
- комбинированные энергоустановки на базе топливных элементов: «водород–воздух», «металл–воздух» и др., а также перспективных тяговых источников тока (например, литий-ионные батареи и др.);
- дизели двойного назначения моделей КАМАЗ и ЯМЗ, отвечающие стандарту «Евро-5»;
- гибкие электроуправляемые топливные системы, позволяющие создавать усовершенствованные дизели с минимальными вредными выбросами.

## Риски

При разработке долгосрочных прогнозов необходимо учитывать различные виды рисков.

**Технологические.** Присущи значительной части проектов по созданию прорывных технологий и формированию новых ниш на рынках технически сложной продукции. Можно ожидать, что более половины инвестиций окажутся безрезультатными, и существенно улучшить эту ситуацию (судя, например, по американскому опыту) маловероятно<sup>36</sup>.

**Административные.** В стране отсутствует система администрирования, способная обслуживать крупномас-

<sup>35</sup> В двух исполнениях, на два рода тока – 3 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока (опытный образец).

<sup>36</sup> С другой стороны, отдача от успешных проектов способна, при правильном позиционировании на рынках, многократно перекрыть потери от неудачных.

штабные, но высокорискованные проекты, имеющие в ряде случаев распределенные (например, в случае развития базовых технологий, ИКТ, транспорта) внешние эффекты. Сложившийся механизм финансирования (пусть и посредством институтов, формально имеющих венчурный статус) ориентирован лишь на малорискованные инициативы; более того, срыв проекта рассматривается как проявление «нецелевого использования средств» с соответствующими результатами.

Слабо развита и инфраструктура, обеспечивающая превращение инновационного продукта в ядро новой рыночной ниши (включая маркетинговое продвижение, поддержку товарных линеек, адаптацию к требованиям потребителей).

Пока в части высокотехнологичных товаров и услуг России удалось сформировать полноценный рынок лишь в области авиаперевозок тяжелых негабаритных грузов на базе сверхтяжелых транспортных самолетов, созданных на закате советских времен (Ан-124). В стадии становления находится рынок космических запусков и «космического туризма».

**Политические.** В сложившихся условиях прорыв России на новые высокотехнологичные рынки может быть легко блокирован развитыми странами за счет изменений в нормативной правовой базе, регламентирующей стандарты безопасности, экологии и др.<sup>37</sup>.

В заключение сделаем ряд обобщающих выводов:

1. Долгосрочное прогнозирование в силу высокой количественной неопределенности получаемых прогнозных результатов предполагает выполнение как минимум двух методологических установок, а именно:

- расчленение периода упреждения прогноза на два или три этапа с более устойчивыми тенденциями;
- использование принципа вариантности, требующего обязательность разработки прогнозных сценариев, исходя из различных вариантов сценарных условий.

2. Вариант локального лидерства представляется наиболее перспективным как с точки зрения использования имеющегося научно-технологического потенциала, так и в плане улучшения позиционирования российской продукции на мировых рынках. Именно он положен в основу инновационно-активного макроэкономического сценария КДР.

3. Реализация варианта локального технологического лидерства потребует значительного изменения институциональной системы. Помимо организации взаимодействия между основными субъектами НИС и проведения национального технологического Форсайта необходимо создание специальных институтов, поддерживающих разработку технологий (в том числе базовых) и образцов конечной продукции с высоким техническим риском, создающих новые ниши на мировом рынке. Прообразом такого института может являться американская DARPA<sup>38</sup>. ■

- Анчишкин А.И. Методология прогнозирования народного хозяйства / Вопросы экономики, 1980, № 1.
- Белюсов А.Р. Сценарии экономического развития России на пятнадцатилетнюю перспективу / Проблемы прогнозирования, 2006а, № 1.
- Белюсов А.Р. Эволюция системы воспроизводства российской экономики от кризиса к развитию. М.: МАКС-Пресс, 2006б.
- Будущее России: инерционное развитие или инновационный прорыв. Долгосрочный сценарный прогноз / Проблемы прогнозирования, 2005, № 5.
- Вишнев С.М. Основы комплексного прогнозирования. М.: Наука, 1977.
- Долгосрочный прогноз развития экономики России на 2007–2030 гг. (по вариантам) / Проблемы прогнозирования, 2007, № 6.
- Клоцвог Ф.Н., Костин В.А. Макроструктурные модели – инструмент народнохозяйственного прогнозирования / Проблемы прогнозирования, 2004, № 6.
- Комков Н.И., Ерошкин С.Ю., Кравченко М.В. Анализ и оценка перспектив перехода к инновационной экономике / Проблемы прогнозирования, 2005, № 6.
- Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации / Минэкономразвития РФ, октябрь 2007.
- Коровкин А.Г., Долгова И.Н., Королев И.Б. Дефицит рабочей силы в экономике России: макроэкономическая оценка / Проблемы прогнозирования, 2006, № 6.
- Методы народнохозяйственного прогнозирования. М.: Наука, 1985.
- Научные основы экономического прогноза. М.: Мысль, 1971.
- Прикладное прогнозирование национальной экономики. Учебное пособие / Под ред. В.В. Ивантера, И.А. Буданова, А.Г. Коровкина, В.С. Сутягина. М.: Экономистъ, 2007.
- Проблемы и перспективы технологического обновления российской экономики. Под ред. В.В. Ивантера, Н.И. Комкова. М.: МАКС-Пресс, 2007.
- Рабочая книга по прогнозированию / Под ред. И.В. Бестужева-Лада. М.: Мысль, 1982.
- Узяков М.Н. Трансформация российской экономики и возможности экономического роста. М.: ИСЭПН, 2000.
- Фролов И.Э. Наукоемкий сектор промышленности РФ: экономико-технологический механизм ускоренного развития. М.: МАКС-Пресс, 2004.
- ЦМАКП. Российское экономическое чудо: сделаем сами. Прогноз развития экономики России до 2020 г. М.: Деловая литература, 2007.
- Яременко Ю.В. Теория и методология исследования многоуровневой экономики / Избранные труды в трех книгах. Кн. I. М.: Наука, 1997.

<sup>37</sup> «Войны стандартов» длительное время были важнейшим элементом борьбы за рынки между, например, американскими и европейскими производителями авиатехники. Для России возможности активного влияния на международные стандарты и технологические регламенты крайне ограничены.

<sup>38</sup> Оборонное агентство перспективных исследовательских проектов; круг его деятельности существенно выходит за пределы оборонной проблематики и включает в себя поддержку высокорискованных прорывных проектов как оборонного, так и гражданского назначения. Наиболее известная технология, созданная при поддержке DARPA, – Интернет (на ранней стадии сеть носила название ARPAnet).