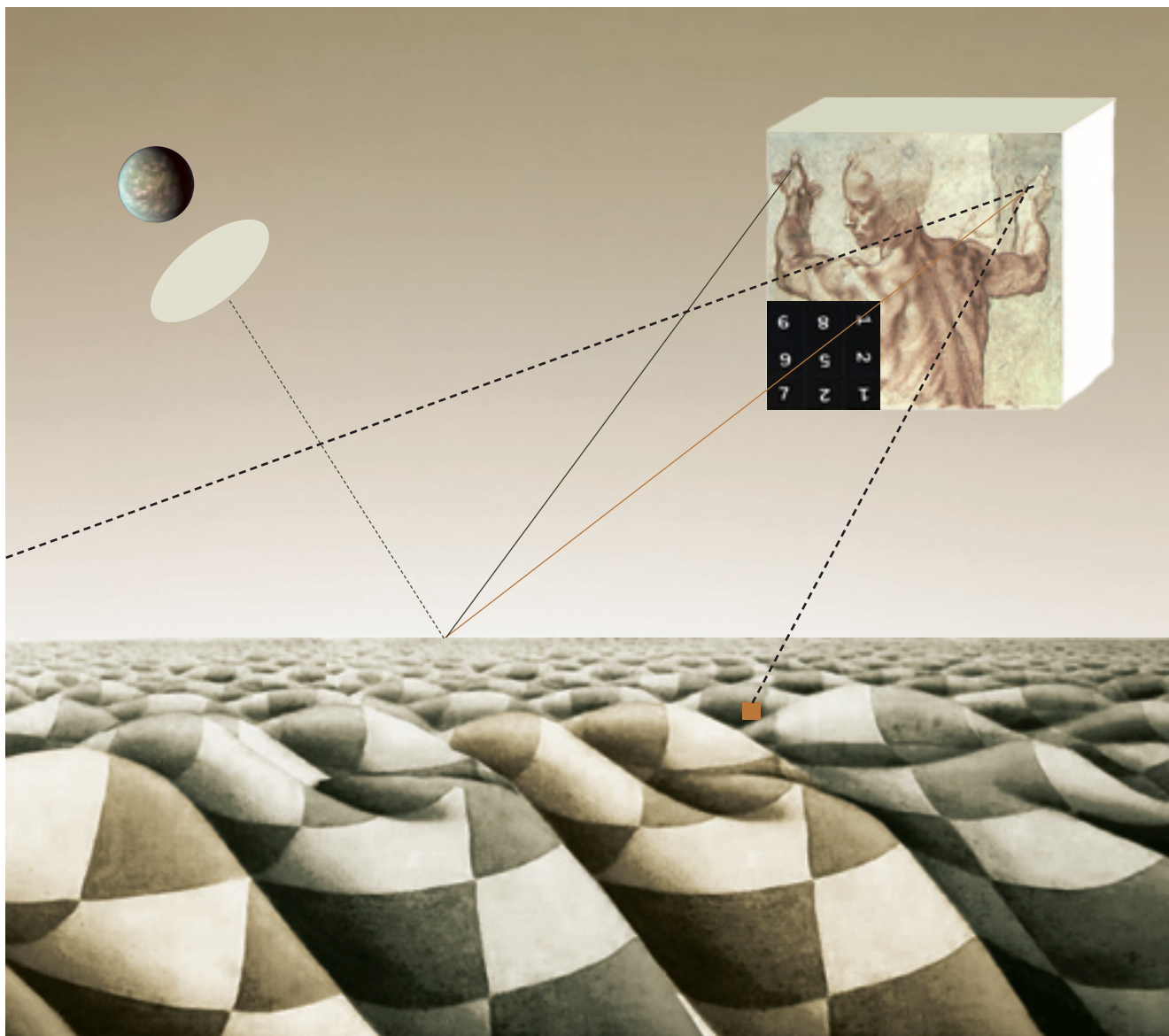


# Метод «картирования технологий» в поисковых прогнозах<sup>1</sup>

Д.Р. Белоусов\*, И.О. Сухарева\*\*, А.С. Фролов\*\*\*



**Дорожные карты — распространенный инструмент разработки долгосрочных стратегий, определяющий оптимальные пути достижения цели. Применяется он и в поисковых исследованиях, не имеющих заданных ориентиров и оценивающих потенциальные направления развития изучаемой области.**

**В статье демонстрируются возможности поисковых дорожных карт на примере анализа связей между ключевыми параметрами долгосрочного развития социально-экономической, научно-технологической и инновационной сфер.**

\* Белоусов Дмитрий Рэмович — руководитель направления, Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП). E-mail: DBelousov@forecast.ru

\*\* Сухарева Ирина Олеговна — эксперт, ЦМАКП.  
E-mail: ISukhareva@forecast.ru

\*\*\* Фролов Александр Сергеевич — эксперт, ЦМАКП.  
E-mail: AFrolov@forecast.ru

Адрес: 117418, Москва, Нахимовский пр., 47, ком. 1308.

#### Ключевые слова

долгосрочное прогнозирование; макроэкономические тренды;  
нормативный прогноз; сценарная развилка;  
поисковый прогноз; технологические дорожные карты.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках проекта «Исследование взаимосвязей важнейших параметров социально-экономического, научно-технологического и инновационного развития на период до 2030 года» (госконтракт № 13.511.11.1001 Министерства образования и науки РФ).

**М**етод дорожных карт — один из наиболее распространенных инструментов формирования стратегий развития. Он позволяет визуализировать возможные пути достижения цели и выделить из них оптимальный. Карты могут содержать вероятностные оценки времени, требуемого для перехода от одного этапа к другому. В Форсайт-исследованиях они часто используются при разработке сценариев, отображая причинно-следственные связи и наглядно иллюстрируя пошаговые изменения определенной сферы, технологии, продукта или их состояние на достигнутом временном отрезке.

Технологические дорожные карты выполняют две взаимосвязанные функции: прогнозную и планирующую. Первая отражает состояние изучаемого объекта в определенный момент времени, характер, скорость и направление его потенциальной эволюции. Вторая связана с применением графической визуализации для выбора будущего вектора и обоснованием решения в пользу тех или иных вариантов действий.

В отличие от иных традиционных способов представления сценариев, таких как диаграммы Ганта, планы, программы и др., которые, как правило, ограничиваются планирующей составляющей, дорожные карты сочетают обе эти компоненты, позволяя выработать стратегию развития.

«Картирование технологий» в Форсайт-проектах чаще всего выполняет нормативную роль. Исходной точкой для построения дорожной карты служит заданная картина состояния объекта в будущем с конкретными целевыми показателями, а конечным пунктом — текущий момент времени.

Вместе с тем, дорожные карты могут служить и для построения поисковых прогнозов, например, при разработке сценариев [Лидин, 2006], когда итоговое представление об объекте исследования или его варианты выступают результатом построения карты. Поисковое картирование целесообразно в тех случаях, когда перспективы изучаемого объекта неопределенны (на его конечное состояние способен повлиять широкий спектр факторов) и требуется выработка согласованной стратегии достижения целей с учетом различных альтернативных сценариев. Остановимся подробнее на различных аспектах применения поисковых карт.

### Формирование поисковой дорожной карты

Применение метода дорожного картирования в качестве инструмента поисковых прогнозов требует его адаптации, поскольку конкретные варианты будущего, на основе которых обычно строятся дорожные карты, изначально не определены. Точки сценарных развилок (при их наличии) связаны с анализом факторов и выбором экономической политики. Исходя из этого, при поисковом прогнозировании дорожные карты служат средством предварительного анализа определяющих факторов и формирования временных линеек («таймлайна») сценария — последовательности ключевых событий и узловых точек, определяющих особенности конкретных сценариев и итоги их реализации. При помощи карт синхронизируются процессы, происходящие в разных сферах, — научно-технологической,

финансовой, макроэкономической, природноресурсной, демографической и др.; выявляются критические звенья, в которых сочетаются разноуровневые проблемы; выстраиваются цепочки решений; интегрируются результаты, относящиеся к различным сферам экономики. Традиционное сценирование, следующее логике макроэкономических процессов, подобные взаимосвязи, как правило, не учитывает.

Поисковый прогноз рассматривает ту или иную сферу в контексте не «внутреннего», онтологического, времени, а «внешнего» общего времени, вытекающего из тенденций и сценариев, единых для всех секторов. При этом взаимосвязи между отдельными элементами сценариев в большей степени зависят от экстерналий.

При традиционных подходах экзогенные стабильные тренды так или иначе определяют макроэкономический результат, оставаясь в определенной степени независимыми от макроэкономических процессов. Методология дорожных карт позволяет выстраивать комплексные сценарии с учетом обратных взаимосвязей между макроэкономическим контекстом и вовлеченностью в экономический оборот тех или иных ресурсов. Решение последней задачи особенно актуально в нынешней ситуации, когда происходит перевод на рыночную платформу тех сфер, которые ранее находились под патронажем государства, включая научно-технологическую. Прежде ее прогресс в значительной степени определялся долгосрочными программами, подкрепленными гарантированным финансированием из госбюджета. В настоящее время он все в большей степени зависит от объема корпоративных вложений, венчурного инвестирования, капитализации новых высокотехнологичных компаний и т. д.

Траектория эволюции исследуемого объекта определяется путем построения интегрального видения ситуации на всех уровнях дорожной карты. Инструментом совмещения служит ось времени, позволяющая соотнести реализацию различных этапов, или «узлов», на карте (см. раздел «Структура дорожной карты»). Внутри анализируемых уровней могут возникать сценарные «развилки», причем на нескольких уровнях одновременно. Они появляются в случае взаимодействия уровней карты между собой в те или иные моменты времени (взаимосвязи отмечаются соединительными линиями), при возникновении рисков либо ранее не учтенных возможностей. Источник новых рисков или возможностей изображается в виде отдельного независимого «пазла», расположенного рядом с объектом воздействия внутри соответствующего уровня. Кроме того, развилки появляются и при включении в дорожную карту «точек принятия решений» о дальнейших преобразованиях (decision points).

Последовательность разработки поисковых «дорожных карт» выглядит следующим образом. На первом этапе формируются уровни карты, отражающие динамику ключевых экономических секторов, научно-технологической сферы, демографии, энергетики. Выявляются критические точки, в которых возможно наступление локальных кризисов либо формирование новых продуктов и направлений развития. Затем определяются «вторичные условия» эволюции

макроэкономических, социальных (включая наращивание человеческого капитала), финансовых (в том числе, платежного баланса) и иных процессов на национальном уровне с проецированием на мировую экономику; выявляется характер их зависимости друг от друга и от остальных слоев карты; формируются таймлайны появления вызовов для внутренних преобразований. На третьем этапе определяется динамика макроэкономических трендов. Здесь идентифицируются «критические точки» сценариев — временные периоды, на которых концентрируются воздействующие факторы, относящиеся к различным слоям карты (особенно — проблемы и ограничения). Наконец, создаются сценарии, описывающие способ прохождения критических точек. Уточняются их таймлайн и количественная оценка (например, необходимый масштаб девальвации рубля при кризисе платежного баланса из-за проблем в мировой экономике или прирост экспорта в результате начала выхода на рынок нового продукта). Конкретизируется обратное влияние перемен в мировой и национальной экономике на состояние ресурсной базы, а также количественные параметры соответствующих процессов.

### Структура дорожной карты<sup>2</sup>

Процесс составления дорожных карт не носит строго регламентированного характера, а скорее, зависит от специфики поставленной задачи и управленческих решений в каждом отдельном случае. Вместе с тем, ряд авторов выделяют общие принципы разработки технологической дорожной карты [Garcia, Bray, 1997; EIRMA, 1997; Groenveld, 1997; Strauss, Radnor, 2004; Kostoff, Schaller, 2001, и др.]. Дорожные карты содержат следующие базовые элементы:

- временную ось;
- слои (уровни);
- «связки»;
- дополнительную информацию (предпосылки изменений, описание участников этапа внедрения и т. п.);
- графические обозначения (записки, отметки, ключевые места, пробелы, возможности, угрозы);
- процесс перемещения по карте.

Последний отражается в виде «узлов», обозначающих этапы развития и пункты принятия управленческих решений. Узлы могут соединяться отрезками (путями), иллюстрирующими причинно-следственные отношения. Эти линии показывают, в частности, связи между технологиями и ресурсами, потоки инвестиций, воздействие рисков, вероятность перехода от одного узла к другому. При использовании дорожных карт в целях нормативного прогнозирования выделяются определенные последовательности уровней и разрабатывается сценарий для исследуемого объекта. В этом случае графическое изображение конечных результатов анализа не представляет существенных трудностей. Как правило, прогнозируемая траектория эволюции

обозначается на карте линией, соединяющей «узлы»: например, «формирование условий на рынке — разработка необходимых технологий — выпуск продукта». Если же речь идет о построении поискового макроэкономического прогноза, вероятность выявления последовательных уровней дорожной карты уменьшается, так как связи между уровнями, скорее всего, будут параллельными. Визуализировать подобную мульти-сценарную дорожную карту значительно труднее. Ее наиболее оптимальный, на наш взгляд, вариант представлен на рис. 1а. Чтобы облегчить восприятие карты при наличии более трех сценариев, удобнее представить результаты исследования в виде системы карт, отображая каждый сценарий на отдельной карте, с указанием «окон возможностей» — периодов вероятного «переключения» с одного сценария на другой [Strauss, Radnor, 2004] (рис. 1б).

Заметим, что вышеуказанные графические структуры могут применяться и для составления дорожной карты с последовательно взаимосвязанными уровнями. При этом появляется больше свободы на этапе визуализации — возникает возможность применения альтернативной графической структуры: уровни карты размещаются вертикально, а сценарии развития принадлежащих к ним объектов отображаются в отдельном блоке [Карасев, 2009]. Внутри каждого слоя располагается отдельная ось времени (рис. 2).

Рассмотрим применение методологии дорожных карт в поисковом прогнозировании на примере карты, разрабатываемой специалистами Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП) в рамках долгосрочного научно-технологического прогноза России до 2030 г. Предварительная версия карты состоит из двух слоев — «глобальная экономика» и «мировые технологические тренды», — отображающих взаимодействие различных экономических секторов в долгосрочной перспективе (до 2030 г.)<sup>3</sup>. Последний слой представлен шестью технологическими группами, включая энергетику, транспорт, информационно-коммуникационные технологии, медицину, нанотехнологии, производственные системы. Подобный выбор не случаен, он отражает приоритеты стран — мировых технологических лидеров<sup>4</sup>. В графическом представлении совмещены два вышеописанных вида дорожной карты — «сценарий внутри слоя» и «окна возможностей» (рис. 3).

Внутри слоев карты сгруппированы однородные технологические направления, которые, тем не менее, могут развиваться относительно независимо (газотурбовозы и электромобили; ветряная и солнечная энергетика). Поэтому взаимосвязи между отдельными элементами дорожной карты отсутствуют.

Технологии представлены на временной оси в период начала их быстрого роста. На более поздних сроках отражены отдельные направления, которые хотя и развиваются, но пока имеют «нишевое» применение (например, нанопокртия, композитные материалы)

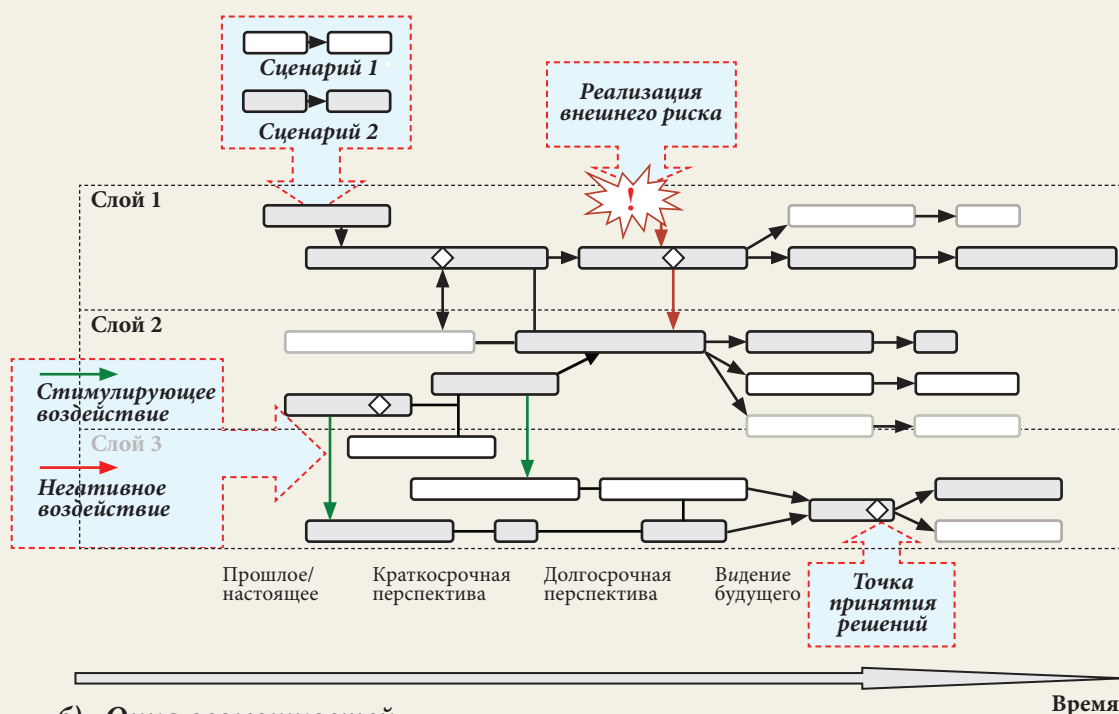
<sup>2</sup> В подготовке раздела принимала участие эксперт ЦМАКП Н.А. Белозерова.

<sup>3</sup> Перед исследованием не стояла задача представить исчерпывающую дорожную карту долгосрочного экономического развития, поэтому параллельное развитие отображено лишь в двух слоях.

<sup>4</sup> О национальных приоритетах технологического развития см.: [NEC, CEA, OSTP, 2011; Revitalizing Japan, 2010; BMBF, 2010; MESR, 2010; NESTA, 2009; CAS, 2010].

Рис. 1. Графическая структура мультисценарной дорожной карты при параллельных взаимосвязях между слоями

а) «Сценарии внутри слоя»



б) «Окна возможностей»

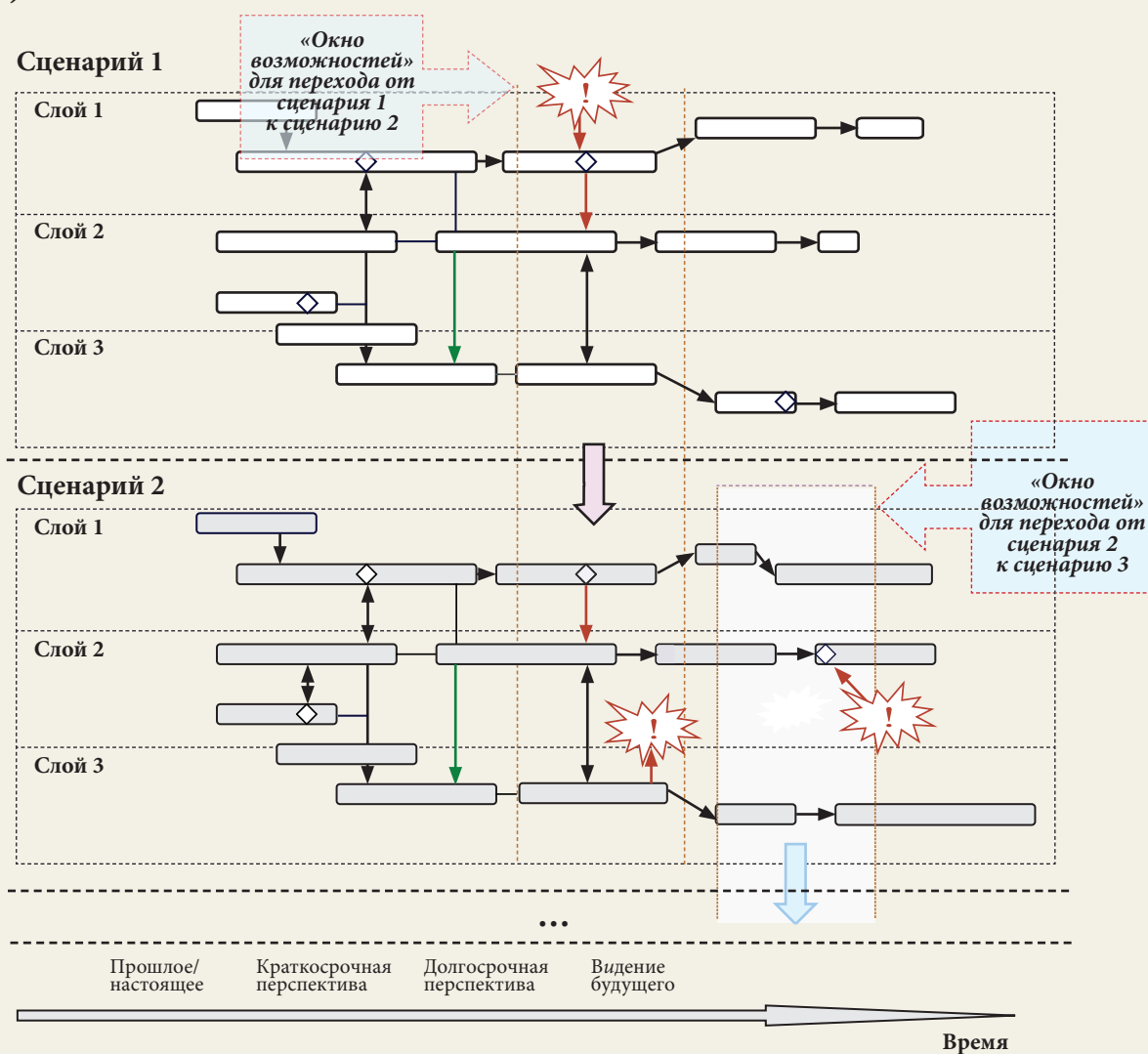
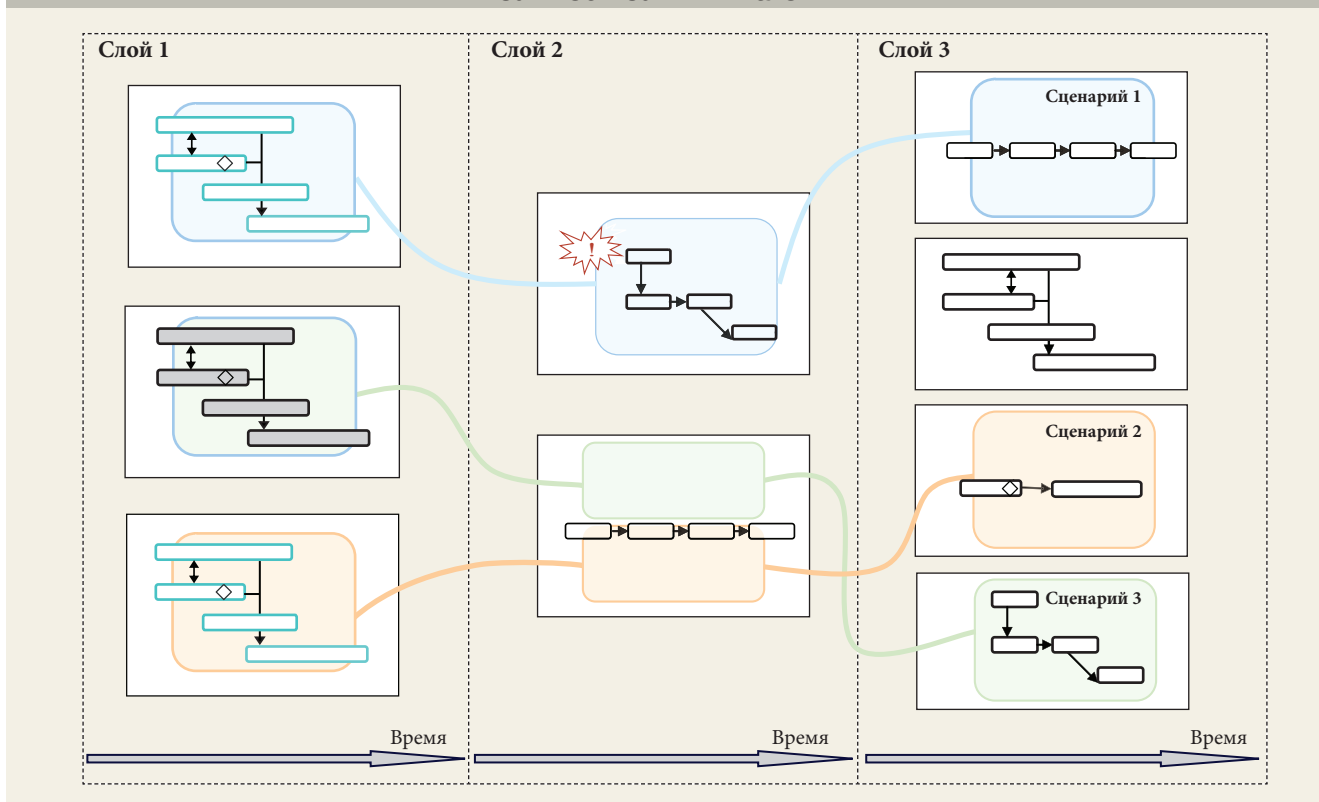




Рис. 2. Графическая структура мультисценарной дорожной карты с последовательно взаимосвязанными слоями



либо поддерживаются в основном государственными дотациями, и взрывное расширение соответствующих рынков в ближайшие годы не прогнозируется (например, ветряная, солнечная энергетика)<sup>5</sup>.

### Макроэкономические тенденции

Рассмотрим более подробно обозначенные слои и содержащиеся в них сценарные развилки. Начнем с уровня «глобальная экономика». Первая из имеющихся развилки, связанная с проблемой «долгового пузыря», приходится на **2012–2016 гг.** и включает инфляционный и реструктуризационный сценарии.

Инфляционный сценарий предполагает образование «пузырей» на рынках суверенного долга развитых стран и биржевых (сырьевых) товаров из-за снижения доверия к ключевым резервным валютам и сверхмягкой политики центробанков. Подобные условия, тем не менее, благоприятствуют увеличению доступности венчурного капитала.

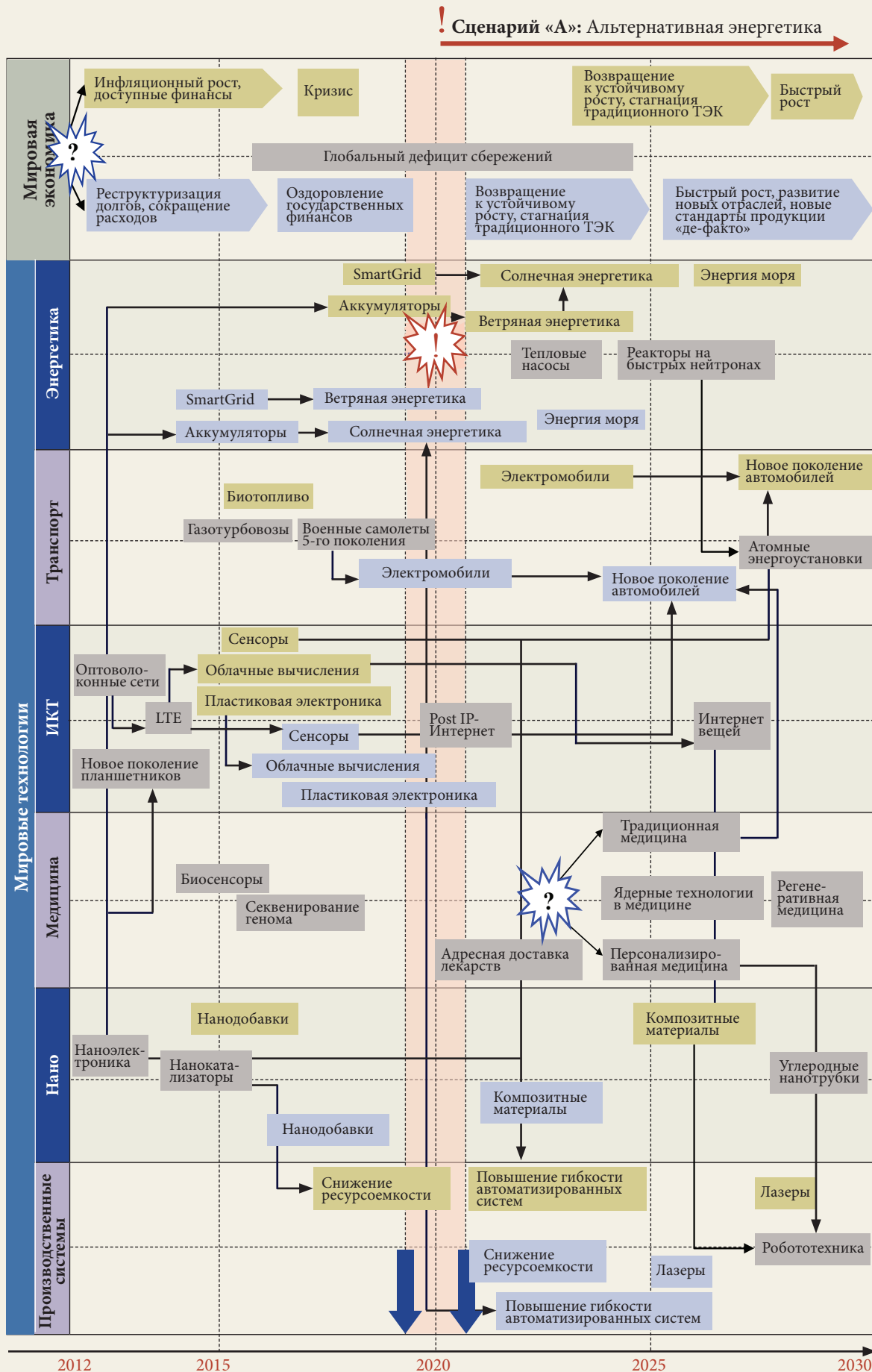
Альтернативный сценарий — реструктуризационный — предполагает отход от сверхстимулирующей денежной политики и системно опасных «пузырей» с постепенным выходом глобальной экономики из кризиса. Он приведет к медленному экономическому росту вплоть до **2017–2018 гг.**, с сохранением единой глобальной финансовой системы. При таком развитии событий доллар потеряет мировое влияние значительно позднее. С точки зрения финансирования технологий в этом случае объемы венчурного капитала значительно сократятся, соответственно замедлятся темпы исследований и разработок (ИиР), кроме того, снизится их поддержка со стороны государства.

В период **2015–2017 гг.** возникнет точка неопределенности на глобальном рынке углеводородов, в частности, европейском рынке газа. С одной стороны, начнут падать темпы добычи на газовых месторождениях норвежского шельфа Северного моря. С другой — ожидается начало массового применения технологий альтернативных газов, шахтного и сланцевого метана (крупные месторождения последнего имеются в Германии, Венгрии, Польше), а также добычи газа из месторождений с особо сложными горно-геологическими условиями. Снижение газодобычи на шельфе при прочих равных условиях позволит расширить экспорт российского газа на европейский рынок, сохранив при этом высокие цены. В то же время имеется вероятность того, что Европа существенно увеличит использование альтернативного газа: аналогичная практика в условиях растущей мировой рыночной стоимости сетевого газа позволила США снизить внутреннюю зависимость от его импорта и стабилизировать цены.

В **2016–2020 гг.** проявятся эффекты «долгового пузыря», выражаемые в падении доверия к резервным валютам, эмитенты которых являются основными должниками. Учитывая динамику финансовых рынков, ускорение делового цикла и ряд других факторов, наступление кризиса прогнозируется в **2016–2018 гг.** Он повлечет за собой резкое сокращение финансирования технологических программ и частичное «схлопывание» рынков, не успевших войти в фазу быстрого роста. В свою очередь, реструктуризационный вариант развития приведет к оздоровлению финансовой системы и возобновлению государственной поддержки ряда технологических направлений.

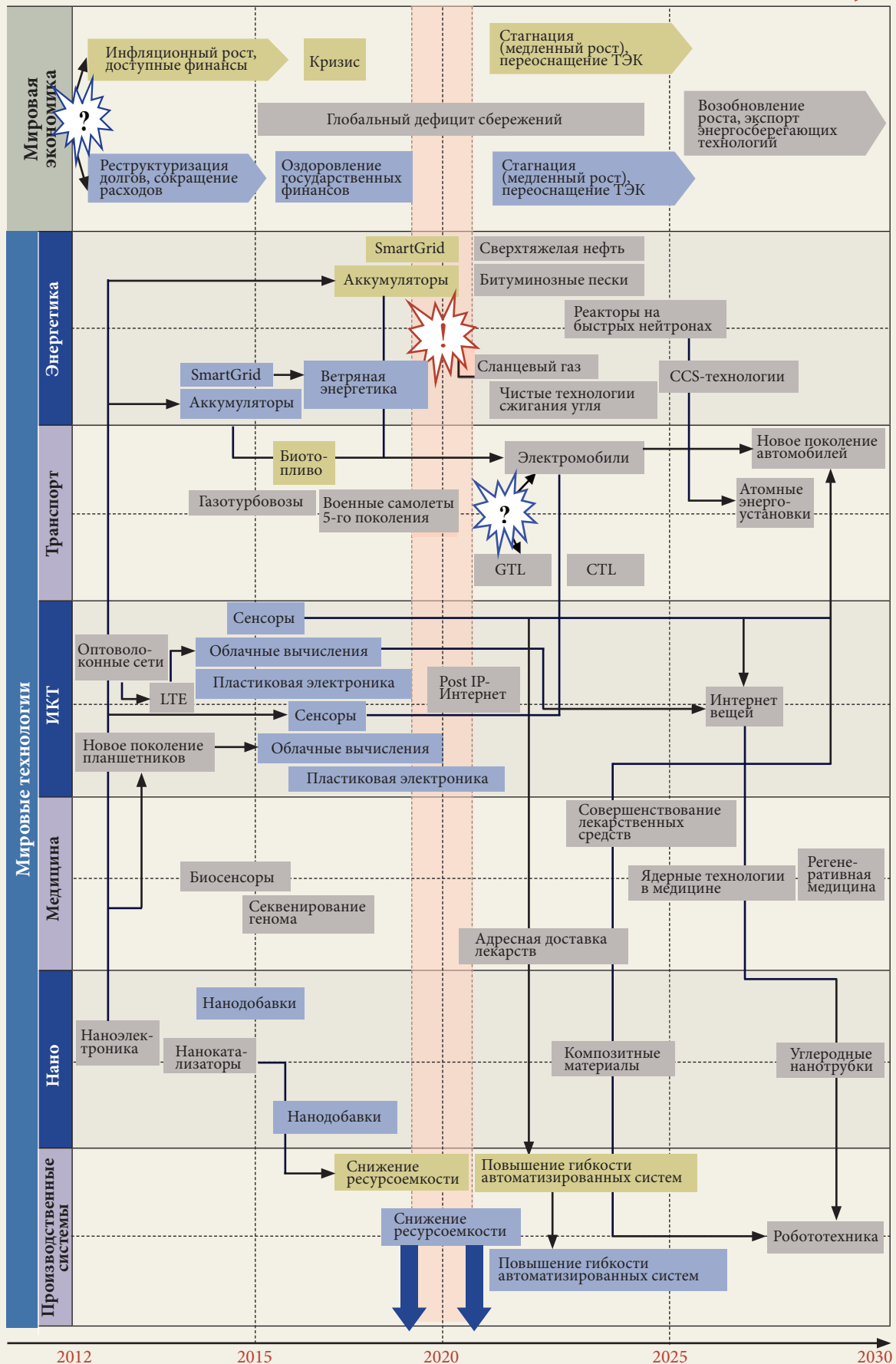
<sup>5</sup> Во многих европейских странах в ближайшие годы для альтернативной энергетики планируется сокращение специальных «зеленых тарифов» [Безносюк, 2012].

Рис. 3. Временная линейка развития вызовов в отдельных слоях дорожной карты (предварительный вариант)\*



\* В разработке дорожной карты принимал участие ведущий эксперт ЦМАКП А.Ю. Апокин.

**! Сценарий «Б»: Нетрадиционные старые энергоресурсы**



Следующим фактором, сдерживающим финансирование ИиР, станет глобальный дефицит сбережений, который продлится с 2016 по 2025 г. Эффекты кризиса негативно отразятся на проектах с долгосрочным инвестированием. Это произойдет вследствие потерь на рынке корпоративных облигаций, отрицательные реальные ставки по которым установились с 2007 г. Данная ситуация сохранится при условии продолжения стимулирующей монетарной политики и низких темпах роста. Необходимость вовлечения в оборот пенсионных накоплений приведет к сокращению объема пенсионных фондов. Перечисленные факторы будут препятствовать распространению новых технологических решений. При подобном сценарии выход видится в привлечении венчурного капитала.

В случае полного восстановления, с учетом типичной продолжительности экономического цикла порядка 10–11 лет, очередной глобальный спад можно ожидать около 2028 г. Его наступлению будут способствовать те же «долгосрочные» факторы, что и в отношении прогнозируемого кризиса 2016–2018 гг.

## Мировые технологические тренды

Рассмотрим глобальные тренды в технологических областях. Так, сектор ИКТ до 2012–2015 гг. будет характеризоваться инерционной эволюцией за счет накопленных ранее технологических заделов и наличия четких перспектив. В области телекоммуникаций речь идет о дальнейшем распространении оптоволоконных сетей и переходе на новый стандарт мобильной связи — LTE. В электронике продолжится переход на нанoeлектронную базу<sup>6</sup>, будут разработаны новые мобильные устройства («гаджеты») с повышенной функциональностью<sup>7</sup> и органическая пластиковая электроника. Основным трендом в сфере программного обеспечения станет распространение «облачных» вычислений.

В материаловедении (включая нанотехнологии) в 2013–2018 гг. получают распространение технологические направления, обладающие значительным прорывным потенциалом, в частности нанокатализаторы, используемые в экологических целях и производстве новых типов химических продуктов и топлив<sup>8</sup>. Отдельные элементы нанотехнологий будут интегрированы в металлообработку (производство инструмента с нанопокрытием рабочих поверхностей, нанонапыление на детали машин и механизмы, смазки с нановключениями, конструкционные материалы с нанодобавками).

Применение нанотехнологий в электронике связано с дальнейшей миниатюризацией элементной базы, разработкой новых типов солнечных батарей, повышением эффективности аккумуляторов.

В 2013–2023 гг. ожидается масштабное распространение сенсорных систем, обусловленное развитием сетей связи стандарта LTE (смарт-технологии в энергетике, промышленности и на транспорте); появятся первые приложения технологий боевого

управления, опирающегося на «сетевую концепцию войны».

Следующим закономерным шагом (после 2025 г.) станут внедрение сенсорных систем в разнообразных физических объектах и объединение миллионов разрозненных датчиков на базе облачных технологий в «Интернет вещей».

Первая волна новых медицинских технологий прогнозируется в 2015–2020 гг. Значительное развитие получат ранняя диагностика заболеваний, биосенсоры, расшифровка генома и т. д. Их повсеместному распространению будет препятствовать отсутствие институциональных изменений в медицинской индустрии, предполагающих переход от традиционной парадигмы медицины, ориентированной на лечение болезней, к новой концепции — сохранения здоровья.

В 2014–2023 гг. начнется массовое внедрение технологий SmartGrid и экономически эффективных аккумуляторов (ион-литиевых, ион-воздушных), необходимых для повышения эффективности традиционной и дальнейшего распространения альтернативной энергетики. Такие технологии позволят сбалансировать электрогенерацию во времени, преодолев дневные и сезонные пики, и к тому же сделают доступным рынок автономных энергоустройств, для которого высокая удельная стоимость электроэнергии является приемлемой в связи с отсутствием необходимости в подключении к централизованной инфраструктуре.

На период 2016–2018 гг. намечается ввод в эксплуатацию американского истребителя нового поколения F-35, что преобразит рынок военной авиатехники. С учетом этого можно ожидать массового вывода боевой техники из состава американских ВВС (ВМС, КМП), которая в силу «остаточности» ресурса будет дешевле российской. Учитывая одновременное появление на рынке китайских истребителей J-10 (и, возможно, J-11) российские производители попадут в условия жесткой конкуренции. Рынки дорогостоящей техники, такие как страны Персидского залива, окажутся занятыми современными американскими самолетами, а «дешевые» оккупируют подержанная авиатехника США и Европы и новые китайские самолеты.

Основная технологическая развилка на период до 2030 г. придется на сферу энергетики. Ее определяющим фактором станет сильное взаимное влияние энергетического рынка и макроэкономической ситуации, как в отдельных странах, так и в глобальном масштабе.

В условиях растущего спроса на энергоресурсы и прохождения пика добычи нефти примерно к 2020 г. дальнейшая поддержка мирового энергодобывания связана с альтернативной энергетикой (солнечная, геотермальная, ветряная и др.) или с быстрым развитием нетрадиционных углеводородных энергоресурсов, включая сланцевый газ, сверхтяжелые нефти, битуминозные пески и т. д. Во втором случае важным направлением окажутся технологии чистого сжигания угля и CCS-технологии<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> В настоящее время существуют образцы электронной базы с топологическими размерами в 22 нм.

<sup>7</sup> Что повлечет за собой, в частности, дальнейшее повышение территориальной мобильности населения и частного капитала, развитие «мобильных бизнесов» и транснациональных цепочек производства.

<sup>8</sup> Одно из основных направлений применения нанокатализаторов — нефтепереработка.

<sup>9</sup> CCS (carbon capture and storage) — технологии улавливания и хранения углекислого газа.



В этот же период возникнет и развилка в транспортной сфере. Она станет «отражением» энергетической развилки и повлечет за собой выбор между электро-мобилиями (гибридами) или частичным переходом на другое топливо (GTL, CTL, биотопливо). В случае разработки экономически эффективных аккумуляторов (литий-ионных, литий-воздушных) центральным трендом, вероятно, станет переход на электромобили. При отсутствии прорыва в альтернативной энергетике распространение, скорее всего, получат технологии GTL или CTL в зависимости от региональных условий. Сегодня, при значительных объемах инвестиций, они по тем или иным параметрам (себестоимость, энергетическая ценность топлива и др.) уступают традиционным углеводородным топливам. Развертывание соответствующих ИиР и внедрение результатов в виде отдельных «нишевых» продуктов спровоцирует начало их широкого применения после 2020 г. и кардинально преобразит характер эволюции мирового рынка углеводородов. При этом энергоэффективность глобальной экономики существенно возрастет, что вызовет (по меньшей мере, без учета инфляции — в «фиксированных долларах») падение цен на нефть.

После прохождения «энергетической развилки» и стабилизации макроэкономических условий следует ожидать быстрого и масштабного роста медицинских технологий, что приведет к перестройке медицинской индустрии в 2020–2030 гг. Биосенсоры и технологии адресной доставки лекарств из узкоспециализированных приложений распространятся в смежные области. Ускорится интеграция медицинских технологий с ИКТ-решениями. Динамичное развитие получат нанобиология и нанофармакология. Результатом геномных исследований может стать разработка лекарств, эффективных в борьбе с неизлечимыми ранее болезнями, включая некоторые виды наследственных, онкологических и психических заболеваний. Дополнительной задачей (с учетом приоритетов исследований в США, ЕС и Японии) становится продление человеческой жизни, сохранение здоровья и трудоспособности пожилого населения пенсионного возраста. Возможно также распространение систем комплексной диагностики заболеваний (в том числе наследственных), создание роботов для проведения стандартных операций и т. д.

Вместе с тем в медицине сформируется внутренняя развилка, связанная с преодолением барьера институциональных преобразований. В случае успеха в этой области начнется развитие по новой парадигме. Крупные фармацевтические корпорации либо адаптируются к ней, перейдя на новые технологии, либо перестанут определять вектор развития медицины. Если барьер преодолен не будет, компании-гиганты продолжат задавать тон, а новые технологии сформируют блок отдельных нишевых продуктов.

К 2025 г. предстоит смена стандартов на рынках атомных реакторов, спровоцированная коммерциализацией реактора на быстрых нейтронах [ФЦП, 2011] и, возможно, формированием замкнутого топливного цикла. Как следствие, рынки США, Европы и России кардинально трансформируются. Россия при успешной адаптации к новым условиям сможет существенно

расширить экспорт ядерных реакторов, в противном случае она будет вытеснена с этих рынков.

В 2025–2030 гг. прогнозируется прорыв в материаловедении и производственных системах. Будут созданы и найдут широкое применение новые материалы (композиты, углеродные нанотрубки и др.), наноразмерные датчики состояния технических средств. Также получат развитие мехатроника и робототехника, в том числе мини- и микророботы для функционирования в сложных условиях и агрессивных средах, применения в военном секторе и системах обеспечения безопасности. При снижении цен на топливо (сценарий альтернативной энергетике) возможно распространение лазеров.

Технологическая модернизация производственного процесса может привести к созданию непрерывной производственной цепочки «материал–заготовка–продукт», в рамках которой материалы будут создаваться под конкретную разработку. Появление новых «стандартов де-факто» повлечет вытеснение с рынков не соответствующей им продукции, что крайне важно для России с учетом ее специализации на мировых рынках машин и оборудования.

### Взаимосвязи мировых экономических и технологических трендов

Комплексное изучение мировых макроэкономических и технологических сценариев позволяет согласовать динамику процессов в этих областях и отразить логику влияния одного слоя дорожной карты на другой.

Определяющим фактором сценарного развития до 2020 г. станет изменение процессов в мировой экономике. В случае реализации «инфляционного» сценария в 2012–2017 гг. на финансовых рынках появится большое количество дешевых средств, что позволит активизировать венчурные рынки и дать толчок новым технологическим секторам. Однако по причине недостаточной проработанности некоторых технологических решений (аккумуляторы, солнечные батареи, SmartGrid) и отсутствия соответствующей инфраструктуры зарождающиеся секторы не смогут войти в стадию быстрого роста и придать ускорение мировой экономике.

В результате очередного мирового финансового кризиса около 2017 г. произойдет «схлопывание» возникших рынков, а технологическое развитие будет наблюдаться лишь в отдельных секторах.

Сценарий реструктуризации в условиях сокращения государственных расходов и ужесточения монетарной политики предполагает снижение затрат на ИиР, а падение цен на нефть затормозит вывод на рынок технологий альтернативной энергетике и электромобилей. Наиболее динамичный рост будет связан с разработкой аккумуляторов для альтернативной и традиционной энергетике, электромобилей, новых наноматериалов и ИКТ. Несмотря на глобальный дефицит сбережений, за счет оздоровления государственных финансовых систем в 2017–2020 гг. начнется новый виток поддержки технологий альтернативной энергетике, а при условии прорыва, уже с 2020 г. возможна их быстрая экспансия.

По мере прохождения пика добычи нефти и выхода из мировой рецессии на энергетическом рынке возникнет точка бифуркации, которая будет во многом

определять дальнейшую макроэкономическую ситуацию.

В случае прорыва в альтернативной энергетике мировая экономика за счет освоения новых рынков сначала выйдет на устойчивое развитие, а затем, по мере распространения новой инновационной волны, вновь испытает быстрый подъем. При сохранении доминирования традиционной энергетике рост экономики будет медленным и неустойчивым. Увеличатся инвестиции в топливные добывающие и перерабатывающие сектора, возрастет экспорт энергосберегающих технологий.

## Заключение

В контексте современных вызовов Форсайт-исследования все в большей степени ориентируются на решение социально-экономических задач. Поэтому они призваны полнее синтезировать научно-технологические и социально-экономические аспекты, что сделает выбор научно-технологических приоритетов более обоснованным. Важную роль играют как нормативное (связанное с выявлением путей достижения обозначенных целевых показателей), так и поисковое прогнозирование, где анализируется взаимное влияние различных крупномасштабных процессов, происходящих в отдельных сферах экономики, и выявляются новые возможности и вызовы. Ключевым элементом при поисковом прогнозе является идентификация знаковых событий в тех или иных сферах, способных радикально трансформировать развитие отдельных предметных направлений комплексного долгосрочного прогноза.

Сценарии могут формироваться под воздействием многих факторов. Существует вероятность образования «доминирующих» сфер, которые определяют вектор других предметных областей прогноза. Метод дорожных карт позволяет визуализировать и оценить вероятность их взаимного влияния.

Приведенный в статье пример поисковой дорожной карты иллюстрирует сложный вариант развития, когда в разные временные периоды меняются «доминирующие» сферы (слои карты). Так, до 2020 г. основная динамика задается макроэкономическими трендами (темпы технологической эволюции, в свою очередь, по нашей оценке, будут зависеть от сценария «быстрой инфляции» либо «медленного» выхода из глобального экономического кризиса). Далее определяющим слоем становятся глобальные технологии. Они представлены шестью предметными областями, которые являются приоритетами для многих стран — энергетика, транспорт, ИКТ, медицина, нанотехнологии, производственные системы. Развитие некоторых технологических слоев сильно взаимосвязано (например, энергетике и транспорта), других — практически автономно (транспорт и медицина). При этом сценарная развилка в слое мировых технологий обрывается только в предметной области «Энергетика»: здесь ожидаются изменения, которые окажут максимальный макроэкономический эффект. От нее напрямую зависит наступление точки бифуркации в транспортной сфере. Движение по той или иной технологической траектории (освоение альтернативных источников энергии либо распространение нетрадиционных углеводородных ресурсов) определит вектор мировой экономики — стремительный подъем или медленную стагнацию.

В завершение отметим, что в настоящее время дорожные карты используются, прежде всего, для нормативного прогноза. Их применение в поисковых исследованиях пока получило значительно меньшее распространение. Приведенный пример демонстрирует потенциал дорожных карт не только для нахождения оптимального пути к поставленной цели, но и идентификации новых решений известных проблем и возможностей развития. ■

Безносюк М. (2012) Резкая посадка // CleanTech. № 9(4), зима 2011–2012. <http://novostinauki.ru/news/43118/>

Карасев О.И. (2009) Методология разработки технологических дорожных карт. <http://cert-energy.ru/doc/rm/1/Karasev.pdf>

Лидин К.Л. (2006) Многообразие построения дорожных карт. [www.virtass.ru/IO/14\\_5.doc](http://www.virtass.ru/IO/14_5.doc)

ФЦП (2011) Федеральная целевая программа «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и перспективу до 2020 года» (в ред. постановления Правительства РФ № 135 от 01.03.2011).

BMBF (2010) Ideas. Innovation. Prosperity. High-Tech Strategy 2020 for Germany. Federal Ministry of Education and Research.

CAS (2010) Science & Technology in China: A Roadmap to 2050 (Strategic General Report). The Chinese Academy of Sciences.

EIRMA (1997) Technology roadmapping – delivering business vision. Working group report № 52. Paris: European Industrial Research Management Association.

Garcia M.L., Bray O.H. (1997) Technology roadmapping: the integration of strategic and technology planning for competitiveness. Paper presented at the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), July 27–31.

Groenveld P. (1997) Roadmapping Integrates Business and Technology // Research-Technology Management. Vol. 40. № 5. P. 48–55.

Kostoff R.N., Schaller R.R. (2001) Science and technology roadmaps // IEEE Transactions of Engineering Management. Vol. 48. № 2. P. 132–143.

MESR (2010) National Research and Innovation Strategy. Ministry for Higher Education and Research, France.

NEC, CEA, OSTP (2011) A Strategy for American Innovation. Securing Our Economic Growth. National Economic Council, Council of Economic Advisers, Office of Science and Technology Policy.

NESTA (2009) Demanding Growth. Why the UK Needs a Recovery Plan Based on Growth and Innovation.

Revitalizing Japan (2010) On the New Growth Strategy. Blueprint for Revitalizing Japan. Cabinet Decision.

Strauss J.D., Radnor M. (2004) Roadmapping for dynamic and uncertain environments // Research Technology Management. Vol. 47. № 2. P. 51–57.

# Applying Technology Roadmapping to Exploratory Forecasting

**Dmitry Belousov**

Discipline Leader, Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting. E-mail: DBelousov@forecast.ru

**Alexander Frolov**

Expert, Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting. E-mail: AFrolov@forecast.ru

**Irina Sukhareva**

Expert, Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting. E-mail: I.Sukhareva@forecast.ru

Address: Office 1308, 47, Nakhimovskiy av., Moscow, Russia 117418.

## Abstract

Technology roadmaps are typically used in terms of normative approach to long-term S&T forecasting thus serving as a visual tool to identify optimal ways to reach defined future goals. Nonetheless roadmaps can be applied to exploratory studies as well. The latter are aimed at identifying key potentially transformative events, whose dynamics could be influenced by a wide range of externalities. Trends in some fields appear to dominate and shape movement in other areas. Roadmapping allows visualizing and assessing probabilities of cross-impact between various areas of forecasting thus identifying possible scenario bifurcations as well as new risks and opportunities.

This paper describes the exploratory roadmap being developed for the Russian Long-Term S&T Foresight 2030. According to that roadmap, evolution to 2020 closely

follows macroeconomic trends. However, in regard to technological development, either the «rapid inflation» scenario or the «gradual way out of the crisis» one, the rate is the same, in our view. After 2020, the dominating role in evolution is expected to shift to «global technologies». These technologies are grouped into six thematic areas according to countries' S&T priorities, i.e. energy, transport, information and communications technologies (ICTs), medicine, nanotechnologies, and production systems. The most influential scenario bifurcation in the roadmap emerges from the field of energy. Depending on the actual scenario — «the expansion of alternative energy sources» or «the widespread use of non-conventional hydrocarbon fuels» — the global economy will experience rapid growth or slow stagnation respectively.

## Keywords

long-term forecasting, normative forecast, exploratory forecast, technology roadmaps, macroeconomic trends, scenarios, scenario bifurcation

## References

- Beznosyuk M. (2012) Rezkaya posadka [Harsh Landing]. *CleanTech*, no 9(4), winter 2011-2012. Available at: <http://novostinauki.ru/news/43118/> (accessed 11 April 2012).
- BMBF (2010) *Ideas. Innovation. Prosperity. High-Tech Strategy 2020 for Germany*, Federal Ministry of Education and Research.
- CAS (2010) *Science & Technology in China: A Roadmap to 2050 (Strategic General Report)*, The Chinese Academy of Sciences.
- EIRMA (1997) *Technology roadmapping – delivering business vision*. Working group report no 52, Paris: European Industrial Research Management Association.
- FGP (2011) *Federalnaya Tselevaya Programma «Yadernye energotekhnologii novogo pokoleniya na period 2010-2015 godov i perspektivu do 2020 goda»* [Federal Goal-Oriented Programme “Nuclear Technologies of New Generation for the Period of 2010–2015 and towards 2020”].
- Garcia M.L., Bray O.H. (1997) *Technology roadmapping: the integration of strategic and technology planning for competitiveness*. Paper presented at the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), July 27–31.
- Groenveld P. (1997) Roadmapping Integrates Business and Technology. *Research-Technology Management*, vol. 40, no 5, pp. 48–55.
- Karasev O. (2009) *Metodologiya razrabotki tekhnologicheskikh dorozhnykh kart* [Methodology of Technology Roadmapping]. Available at: <http://cert-energy.ru/doc/rm/1/Karasev.pdf> (accessed 12 May 2012).
- Kostoff R.N., Schaller R.R. (2001) Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions of Engineering Management*, vol. 48, no 2, pp. 132–143.
- Lidin K. (2006) *Mnogoobrazie postroeniya dorozhnykh kart* [Diversity in Roadmapping]. Available at: [www.virtass.ru/IO/14\\_5.doc](http://www.virtass.ru/IO/14_5.doc) (accessed 05 April 2012).
- MESR (2010) *National Research and Innovation Strategy*, Ministry for Higher Education and Research, France.
- NEC, CEA, OSTP (2011) *A Strategy for American Innovation. Securing Our Economic Growth*, National Economic Council, Council of Economic Advisers, Office of Science and Technology Policy.
- NESTA (2009) *Demanding Growth. Why the UK Needs a Recovery Plan Based on Growth and Innovation*.
- Revitalizing Japan (2010) *On the New Growth Strategy. Blueprint for Revitalizing Japan*. Cabinet Decision.
- Strauss J.D., Radnor M. (2004) Roadmapping for dynamic and uncertain environments. *Research Technology Management*, vol. 47, no 2, pp. 51–57.