

Сценарии научно-технологического развития России

Н. Ю. Ютанов

Рабочая группа по форсайту Российского научного центра «Курчатовский институт»

e-mail: yutanov@tf.ru

ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС И РЫНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Бурное развитие пакета информационных технологий в конце XX-начале XXI века обеспечило формирование рынков классического инвестиционного типа и поддерживало существующую послевоенную финансовую систему в течение нескольких десятилетий. Это позволило развить возможности управления и получить важнейший инструмент для регулирования кризисных ситуаций. Совершенно очевидно, что для пролонгации действия классического финансово-кредитного механизма требовалось вскрытие новых рыночных ниш.

Для решения поставленной задачи еще в 1990-х гг. в США администрацией У. Клинтона была сформирована нанотехнологическая инициатива [1], которая привела в начале XXI века к формированию общемирового тренда – технологического мейнстрима. Технологический мейнстрим представляет собой взаимосвязанное развитие трех заявленных технологических направлений: информационного, биотехнологического и нанотехнологического. Эти технологические пакеты, безусловно, задают новые колоссальные рыночные ниши и инициируют в обществе формирование новых политических и культурных механизмов.

Последнее предельно важно и является центральным звеном антикризисных преобразований, поскольку при помощи поставленных на фронт технологий человечество обретает возможности по управлению знанием, здоровьем и неуязвимостью, а это требует совсем иных массовых технологий мышления, коммуникации и создания новой ценностной системы, что является необходимым условием для создания системы управления, способной перевести постиндустриальный кризис в управляемый формат.

Задача, возникшая перед мировым сообществом, достаточно сложна и неразрешима в привычных стратегических императивах. Мировая практика проектирования развития сложных систем на ближайшие десятилетия предполагает использование технологии форсайта¹.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРСАЙТА

Исторически в России отсутствует взаимопонимание и взаимодействие между интеллектуальной и управленческой элитами. Это становится предельно ясным, если сравнить Россию с другими развитыми странами.

Соединенные Штаты стали государством усилиями своих интеллектуалов. Эта традиция получила свой институциональный механизм в виде элитарных школ, колледжей, ВУЗов, готовящих кадры и для науки, и для управления государством. Всего этого, однако, оказалось мало: после Второй Мировой войны интересы скорейшего развития страны потребовали укрепления и формализации связей между интеллектуальным сообществом и лицами, принимающими решения (ЛПР). Были созданы «фабрики мысли» – Think Tanks. Фабрики мысли придали прогнозированию научный характер и непосредственно связали прогностику с управлением. Именно тогда, в середине 1950-х, Олафом Хелмером, Норманном Далки и Николасом Решером из RAND Corporation был разработан первый прогностический механизм – метод Delphi. В конце 1960-х гг. Г. Кан и А. Винер предложили метод сценарирования [2], а в начале 1970-х гг. широкое распространение усилиями американского Госдепартамента получил метод «Дорожных карт» в применении к расширенному социально-экономическому проектированию. Именно этими технологиями и осуществляется форсайт в США.

Япония с 1971 г. каждые пять лет проводила классические форсайтные исследования с тридцатилетним горизонтом прогнозирования. Использовался исключительно метод Дельфи. В результате была получена последовательность однотипных прогнозов, которые содержали в себе минимум предвидения.

Европейские форсайты вообще не содержат прогностического элемента и должны рассматриваться, как расширенные представления о будущем у европейских элит. Форсайтные технологии применяются в Европе массированно и для любой крупной задачи: от изменения береговой линии Британских островов до перспектив использования биогаза в странах центральной Европы.

Опираясь на существующий опыт, будем называть форсайтом единство трех составляющих:

- прогностика, прогнозирование, предвидение будущего,
- управленческая практика, управление будущим,
- социальная инженерия – конструирование будущего.

Современные форсайтные разработки тесно связаны с техникой сценарирования [2]. Формально было показано, что форсайт лучше всего согласуется с моделью

¹ Форсайт (англ. foresight) – предвидение, предусмотрительность.

называются технологическими пакетами. Формально, технологический пакет (ТП) — это генетически и функционально связанная совокупность технологий, обладающая системными свойствами. Пакет как целое реализует одну из значимых для данного общества потребностей, возможностей или мифологем [5, 6]. Технологический пакет всегда основывается на некоторой научной дисциплине или системной совокупности таких дисциплин — информационном пакете. ТП опирается на определенные инфраструктуры и требует для своего существования и развития нормативно-правового и институционального оформления.

Технологический пакет включает в себя следующие функциональные элементы:

- технологии, как физические, так и гуманитарные,
- связи между технологиями (функциональные — технологические цепочки, генетические, структурные),
- базовую научную дисциплину или совокупность таких дисциплин,
- базовую инфраструктуру,
- базовую институциональную форму,
- присоединенное семантическое пространство, т.е. представленность ТП в культуре, в т.ч. в кинематографе и литературе.

Если технологический пакет опирается на оформленную онтологическую картину, он способен самостоятельно развиваться и порождать собственные версии будущего.

КЛАССИЧЕСКИЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ

В классической версии сценарирования [7] рассматривались три основных класса сценариев глобального развития. Они различались, прежде всего, исходом кризиса индустриальной системы хозяйствования. Когнитивный сценарий позволял избежать наступления катастрофы и пропустить период технологического упадка¹. Выход из кризиса в этом случае предполагался через управляемый фазовый переход. Вопрос ставился о разработке и формировании новой фазы развития общества. Основой для разработки должны были стать государственные когнитивные проекты, например, японский проект «Внутренняя граница: цели Японии в XXI столетии» [8] или американская нанотехнологическая инициатива 90-х гг. [2].

В инерционном неофеодальном сценарии фазовая катастрофа происходит, социум откатывается в развитии в предыдущую — традиционную — фазу. Катастрофа может носить управляемый характер, раз уж ее предвидят и обсуждают (сценарии «Новый Халифат» и «Круг страха» в докладе Национального совета по разведке США [9]). Катастрофа приводит к кризису городского хозяйства, разрушению хозяйственной системы мегаполисов, нарастанию проблем транспортных сетей и рас-

¹ Подобный технологический упадок наблюдался в V–IX веках, когда после падения Римской империи в кризис вошла аграрная (традиционная) система хозяйствования.



РИСУНОК 3 | Факторы, формирующие «неизбежное будущее»

паду национальных государств. В результате возникнет система хозяйствования с политической раздробленностью и преобладанием деревни над городом. Сложные технические системы, в т.ч. электрические и компьютерные сети, постепенно также приходят в упадок. Снижается уровень образованности. Подобный мир мы привычно ассоциируем со средневековьем.

Сценарий фазового отступления также может быть реализован в виде проекта.

Постиндустриальный сценарий предполагает устойчивое развитие и сохранение текущего политического и экономического status quo. В этом сценарии человечество тратит огромные ресурсы на то, чтобы оттянуть катастрофу. Кризисные явления старательно скрываются. Их не замечают либо объясняют формальными причинами, например, мировым терроризмом. В этом сценарии вызовы и угрозы последовательно игнорируются, а будущее рассматривается как продолженное настоящее.

В долгосрочной перспективе постиндустриальный сценарий приводит к более серьезному упадку, чем неофеодальный, даже в версии постиндустриальной катастрофы [7]. За последние годы сценарное пространство изменилось. В развитых странах начали быстро развиваться новые технологии — nano-, био- и информационные. В дополнение ко всему ипотечный кризис 2006 г. перешел к 2008 г. в стадию глобального финансового кризиса. Уровень управляемости социально-экономическими процессами резко упал. Вероятность реализации постиндустриального сценария стала минимальной, когнитивные сценарии изменились. Область возможностей развития сократилась.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕЙНСТРИМ

Как показано выше, к технологическому мейнстриму относятся три технологических пакета:

- информационные технологии,
- биотехнологии,
- нанотехнологии.

Связующим элементом этой системы должен стать еще один ТП — технологии рационального природопользования. Он включает в себя классическую экологическую парадигму как систему деятельностных ограничений и эволюгический принцип, задающий нормы

развития [10]. Рациональное природопользование обеспечивает территориальную привязку всех технологий мейнстрима и рассматривается как индустрия по созданию и переформатированию экосистем.

В практике мировых форсайтов мейнстрим определяется как блок ключевых технологий, способных решить проблемы голода, терроризма, загрязнения среды, нехватки энергоносителей, генерирующих и распределяющих мощностей. Эта концепция создавалась как ответ на безусловное требование устойчивого прогресса как минимум развитой части мирового социума.

Следует отметить, что технологический мейнстрим не является согласованной системой. Именно определение лидирующего технологического направления и соотношения его с другими технологиями будут формировать различные версии будущего. При этом основным предназначением технологий мейнстрима остается создание нового инвестиционного плацдарма, позволяющего разрешить текущий экономический кризис. Как итог, мейнстрим становится основой для осуществления глобальных постиндустриальных проектов.

Таким образом, сценарии будущего в настоящий момент определяются прежде всего выбором приоритетов технологического развития (рис. 4).

СЦЕНАРНЫЕ ВЕРСИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕЙНСТРИМА

При реализации любой версии сценария появляется развитие современных информационных и природопользовательских технологий. Развитие этих технологических направлений является «неизбежным будущим» всех сценариев общемирового развития. В то же время, быстрое развитие биотехнологий или нанотехнологий порождает особые сценарные ветки: альтернативный сценарий «Биотехнологическая революция» и прорывной сценарий «Квантовая реальность». При этом подразумевается, что соответствующие технологические пакеты формируют собственные онтологии и мифологии.

Исторически пространство фундаментальных



РИСУНОК 4 | Сценарные версии мирового научно-технологического развития

исследований в области биотехнологических разработок сохраняется за США и странами, входящими в Европейский Союз, в то время как в России наблюдается сильное отставание, связанное с блокировкой биологических исследований в Советском Союзе в 1930-50-х гг. С другой стороны, мощное развитие русского атомно-космического проекта в 1940-50-х гг. оставило за Россией (наряду с США) первенство в области фундаментальных физических исследований. Поэтому для нас базовым сценарием технологического развития оказывается сценарий «Квантовая реальность», несмотря на его сложность и масштабность [6].

НАНОТЕХНОЛОГИИ

Нанотехнологии обычно понимают как технологии, оперирующие размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении. При работе с объектами таких характерных размеров неизбежен учет квантовомеханических эффектов. Таким образом, любая практика нанотехнологий связана с подобными эффектами.

В настоящий момент ТП «Нанотехнологии» имеет три различные ключевые технологии. Это «атомный манипулятор» (сейчас представлен как атомно-силовой микроскоп), «синтез наноматериалов» и «фотоника». Можно ожидать возникновения технологии, объединяющей все пути управления нанообъектами. В противном случае ТП «Нанотехнологии» распадется на конкурирующие пакеты «мехатроника» и «квантовая химия». Ясно, что результатом развития нанотехнологий станет создание материалов новых типов (наноматаллы, наночастицы, наномембраны), наноприборов и переход от микро- к наноэлектронике. Но базовый путь развития нанотехнологий – это все более полное воплощение в материалах, механизмах и устройствах на основе квантовых эффектов.

Технологизация квантово-механических представлений о спутанных состояниях должна стать основным вариантом развития нанотехнологического пакета. Такие исследования могут сначала привести к возникновению квантового компьютера со сверхвысоким быстродействием и технологии управления вероятностями, а затем – открыть возможности для нового прогресса в области силовых машин, двигателестроения, энергетики.

Институционально технологический проект не достроен. В США институциональной формой технологического пакета является Национальная инициатива по нанотехнологиям. В РФ создана РОСНАНО, но задача для нее еще формируется.

Сценарная версия для нанотехнологий подразумевает встраивание в развитие ИТ, создание новых материалов и устройств – наноботов. В прорывном сценарии – достройка онтологии и создание устройств на основе квантовых эффектов (рис. 5). Создание подобных устройств потребует привлечение технологий более высокого уровня – фемтотехнологий.

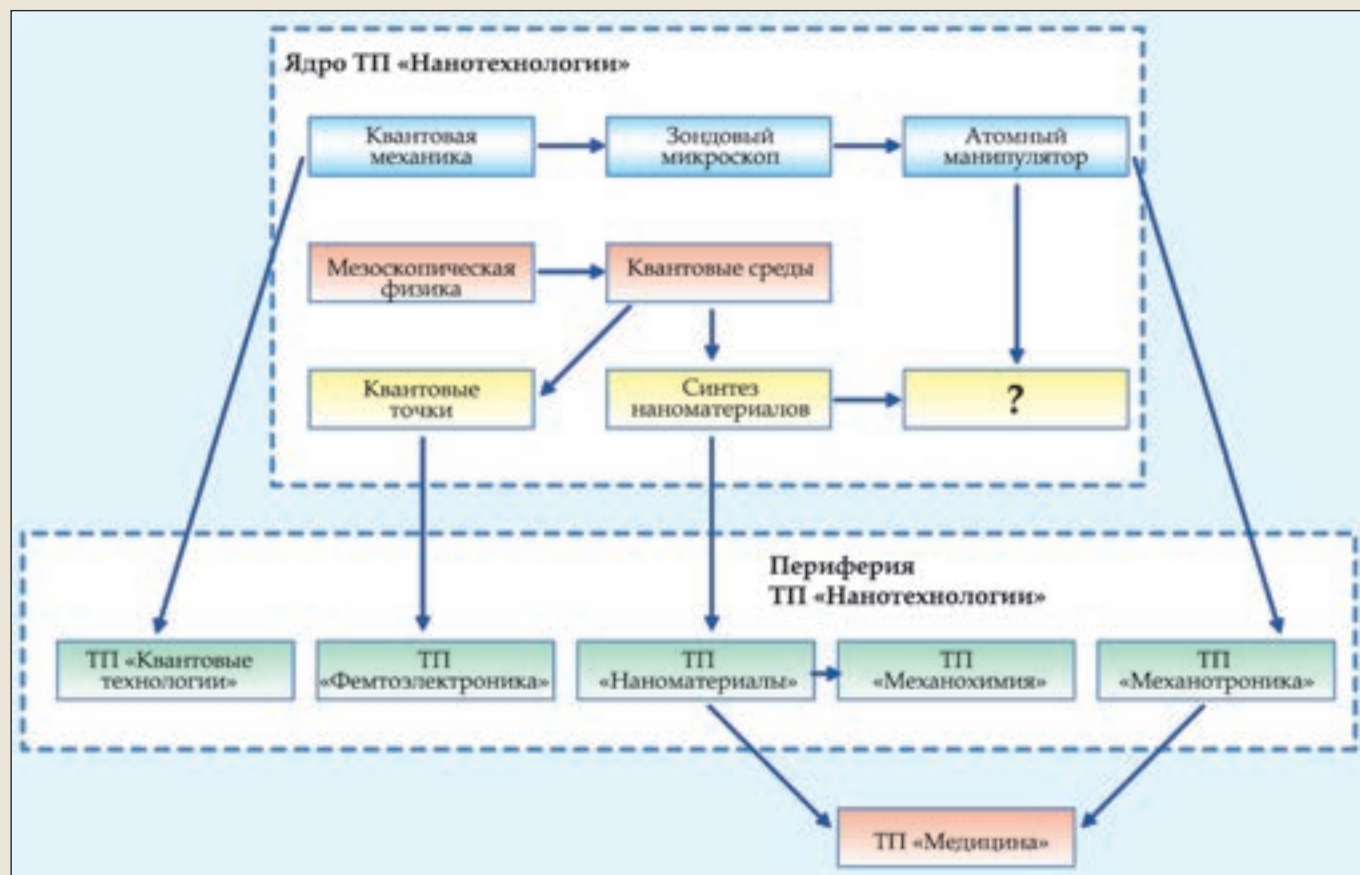


РИСУНОК 5 | Структура технологического пакета «Нанотехнологии» [11]

ИНФРАСТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Развитие территорий РФ в период постиндустриального перехода является основанием реализации базового сценария. Региональная инфраструктура размещения исследовательских центров и наукоемких производств определяет эффективность практического воплощения нанотехнологического вектора развития страны. Ее можно оценить по степени готовности региональных научно-исследовательских предприятий подключиться к работам по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»¹. Изучение распределения заявок по территориям РФ привело к гипотезе инновационных созвездий [10].

На рис. 6 указаны регионы РФ, где активно представлены исследовательские и тяготеющие к ним производственные организации, связанные с четырьмя инновационными технологическими пакетами. Вполне понятно, что эти регионы не совпадают с Федеральными округами, и это осложняет процедуру управления проектами в территориальном формате, но вполне позволяет собрать проект в кластерной схеме. В работе [10] показана острая недостаточность технологий внедрения научных и инженерных разработок в производство.

¹ <http://www.government.ru/content/governmentactivity/rfgovernmentdecisions/archive/2006/10/25/6336329.htm>

При ликвидации технологического провисания и системном развитии инфраструктуры технологического мейнстрима, можно сделать группу прогнозов, которые реализуются в ближайшие полтора десятилетия.

ОСНОВНЫЕ ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

• 2010 ГОД

Появление коммерческих образцов нанотехнологической продукции в областях солнечной и водородной энергетики, аккумуляторов. Первые нанотехнологические решения в медицине.

• 2015 ГОД

Инвестиционный ажиотаж в нанотехнологическом секторе. Создание nanoаккумулятора высокой емкости и устойчивого к механическим повреждениям. Формирование рынка потребителей наноматериалов и псевдонаноматериалов (рыночных высокотехнологичных продуктов, заявленных как нанотехнологические, но таковыми не являющихся). Появление большого числа потребительских нанопродуктов, т.е. продуктов, в которых тем или иным образом используются нанотехнологии. С точки зрения статистики, объем рынка нанотехнологий растет.

Появляется прототип автомобиля с самовосстанавливающимся покрытием и кузовом. Происходит определенное улучшение характеристик двигателей



РИСУНОК 6 | Инновационные регионы (созвездия) России на 2008 г.

и в авиации за счет использования нанопленок и иных наноматериалов. Аналогично – КПД турбин силовых установок тепловых электростанций значительно увеличится за счет поднятия температуры рабочего тела (что позволяют нанопокрываютия).

Существенно увеличивается КПД традиционной энергетики за счет распространения наноприсадок к топливу, нанопокрываютия и т.п.

Нанопорошки и нанопокрываютия распространяются в традиционной промышленности.

Появляются конструкционные «композитные материалы» на базе высокопрочных волокон (углеродных нанотрубок) для промышленного применения – например, в авиастроении, автомобильной и военной промышленности.

Использование таких свойств наноповрхностей, как адгезия, позволит существенно изменить ряд традиционных технологий, например, в строительстве трубопроводов.

Развитие «кристаллографической» компоненты нанотехнологий различного назначения: прочностного – абразивные материалы, буровые и обрабатывающие инструменты; оптического – как компоненты фотоники.

Медицинские технологии: точечная доставка лекарств, распространяются «лаборатории на чипе» и иные технологии диагностики, средства доставки лекарств, антимикробные покрываютия, материалы, совме-

стимые с тканями тела. Появляются разработки в области стоматологии. Решения дороги и доступны только в развитых странах. Нанотехнологии широко используются в элитном сегменте потребительского рынка.

Развиваются сертификация и стандартизация наноматериалов. Борьба с «наношеничеством».

Существенно развиваются метрологические компоненты нанотехнологий. Появление Российской значимой нанотехнологической инструментальной базы.

• 2020 ГОД

Появляются первые коммерческие разработки в области фотоники для компьютеров: оптические и квантовые решения. Работающие решения в области квантовой криптографии.

Презентация самовосстанавливающихся материалов для военных: бронежилеты, корпуса механизмов.

Массовое распространение нанорешений для модернизации производств, очистки, рециклинга. Нанотехнологии и решения на их основе становятся ключевым элементом обеспечения конкурентоспособности промышленности.

Нанотехнологии широко распространяются в профессиональной одежде. Новые материалы и структурные решения обеспечивают большую защиту от агрессивной среды, стерильность и т.п.

Презентация первого коммерческого образца промышленного атомного нанореактора с высоким уров-

нем отработки ядерного топлива. Удешевления технологии строительства реактора не произошло, но новые решения на основе нанотехнологий позволяют создавать эффективные реакторы небольшой мощности. Это дает стимул развитию безлюдных производств в малонаселенных территориях.

Ренессанс космических программ: увеличение полезной нагрузки и миниатюризация узлов позволяют заново вернуться к освоению космоса.

Нанотехнологии становятся существенным, заметным компонентом мирового технологического ландшафта. Начало активной модернизации промышленности на основе нанотехнологий.

Дальнейшее распространение наноматериалов в медицине. Имплантаты и лекарства на основе нанотехнологий позволяют лечить ряд ранее неизлечимых заболеваний. Прорыв в области полевой медицины, нейрологии и трансплантологии. Медицинские нанороботы и искусственно созданные симбионты.

Происходит переход к локальной генерации тепла и электроэнергии. Созданы носимые фильтрующие системы для воды. Растет различие между элитным и массовым потреблением пищи.

Открываются возможности демографического роста как за счет повышения рождаемости, так и за счет роста средней продолжительности жизни.

• 2025 ГОД

Квантовые компьютеры и всеобъемлющая система защиты данных на основе квантовой криптографии.

Наносимбионты живых организмов и человека.

Система деятельности полностью переформируется на основе механохимии, механотроники и фотоники. Пересматриваются почти все известные форматы и стандарты жизни, резко увеличивается независимость отдельной семьи и даже отдельного человека.

На горизонте сценарирования в прорывном сценарии «Квантовый мир» ожидается появление технологий: квантовая телепортация, технологизация спутанных состояний. На базе развития фемтотехнологий (в первую очередь – фотоники) начинает формироваться фемтоэлектроника как сочетание квантовых точек и антиотчек. Разрабатываются наноТВЭЛы (высокотехнологичные топливовыделяющие элементы с мини-

мизацией отработанного ядерного топлива) и, как следствие, индустрия нанореакторов.

В течение всего срока сценарирования:

– ТП «Нанотехнологии» либо раскалывается на два различных и не связанных между собой пакета (в сценарии инерционного развития такой исход неизбежен), либо – создает универсальную технологию атомного конструирования, объединяющую мезоскопический и атомарно-силовой подход.

– Мир не будет развиваться устойчиво, причем значительный вклад в неустойчивость (спонтанность, катастрофичность) его динамики внесет именно проектно организованный, технологический мейнстрим.

– Произойдет ускоренная коммерциализация технологических новинок любого плана. Мир ожидают потребительские волны «наномоды», «биомоды», «виртуальной моды» и т.п. В этом же направлении играют роль кастомизация продуктов, подчеркивание индивидуальности и культура быстрого потребления инноваций. В общем виде, от технологического развития будут все больше требовать новейшие потребительские продукты.

– Следует ожидать развития «черного рынка» исследований и разработок: особенно в областях, находящихся под официальным запретом.

– Необходимость любым из возможных способов нейтрализовать последствия финансовых крахов приведет к сверхбольшим инвестициям в технологическое развитие. На волне этих инвестиций можно ожидать в первую очередь реализации огромных военных программ, сверхдорогих научных проектов, а также новой волны освоения космоса и океанов.

– Вне всякой зависимости от принимаемых решений и выделяемого финансирования развитие макропакета «Новые технологии» управляется и будет управляться динамикой ТП «Информационные технологии».

В заключение следует отметить достаточно простую, но принципиальную тезу: при последовательном воплощении в жизнь принятых политических решений по русской нанотехнологической инициативе и при внятном учете особенностей регионального развития Россия в ближайшие десятилетия может занять значимую нишу на мировых рынках новых высокотехнологичных исследований и производств. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The National Nanotechnology Initiative. Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee of Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. Washington. 2007.
2. Kahn H., Wiener A. The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty Three Years. The Hudson Institute. 1967.
3. Переслегин С., Ютанов Н., Желтов А. и др. Научно-технологическое прогнозирование. Часть 1. Пространство мирового научно-технологического развития. Препринт РНЦ «Курчатовский институт». 2009. № 1.
4. Куклина И., Переслегин С., Ютанов Н. и др. Научно-технологическое прогнозирование. Часть 2. Технологические пакеты и сценарная гипотеза развития новых технологий. Препринт РНЦ «Курчатовский институт». 2009. № 2.
5. Желтов А. Понятие технологического пакета. Инновации. 2007. № 12.
6. Тараненко С., Переслегин С., Ютанов Н. и др. Технологические пакеты мейнстрима. Часть 1. Технологический мейнстрим как основа технологи-

ческого развития и построение фундаментальных сценариев его развития.

7. Препринт РНЦ «Курчатовский институт». 2009. № 5.
8. Переслегин С., Переслегина Е., Ютанов Н. и др. Новые карты будущего, или Анти-РЭНД. СПб.: ТФ, М.: АСТ. 2009.
9. Frontier within: Individual Empowerment and Better Governance in the New Millennium Japan's Goals in the 21st Century//Report of the Prime Minister's Commission. Japan. 2000.
10. Mapping the Global Future. Report of the National Intelligence Council's 2020 Project. Government Printing Office (GPO). 2004.
11. Переслегин С., Ютанов Н., Княгинин В. и др. Технологические пакеты мейнстрима. Часть 2. Особенности технологического развития регионов Российской Федерации. Препринт РНЦ «Курчатовский институт». 2009. № 6.
12. Горизонт прогноза – 2025: Форсайт научно-технологического развития России. СПб.: Corvus. 2009.