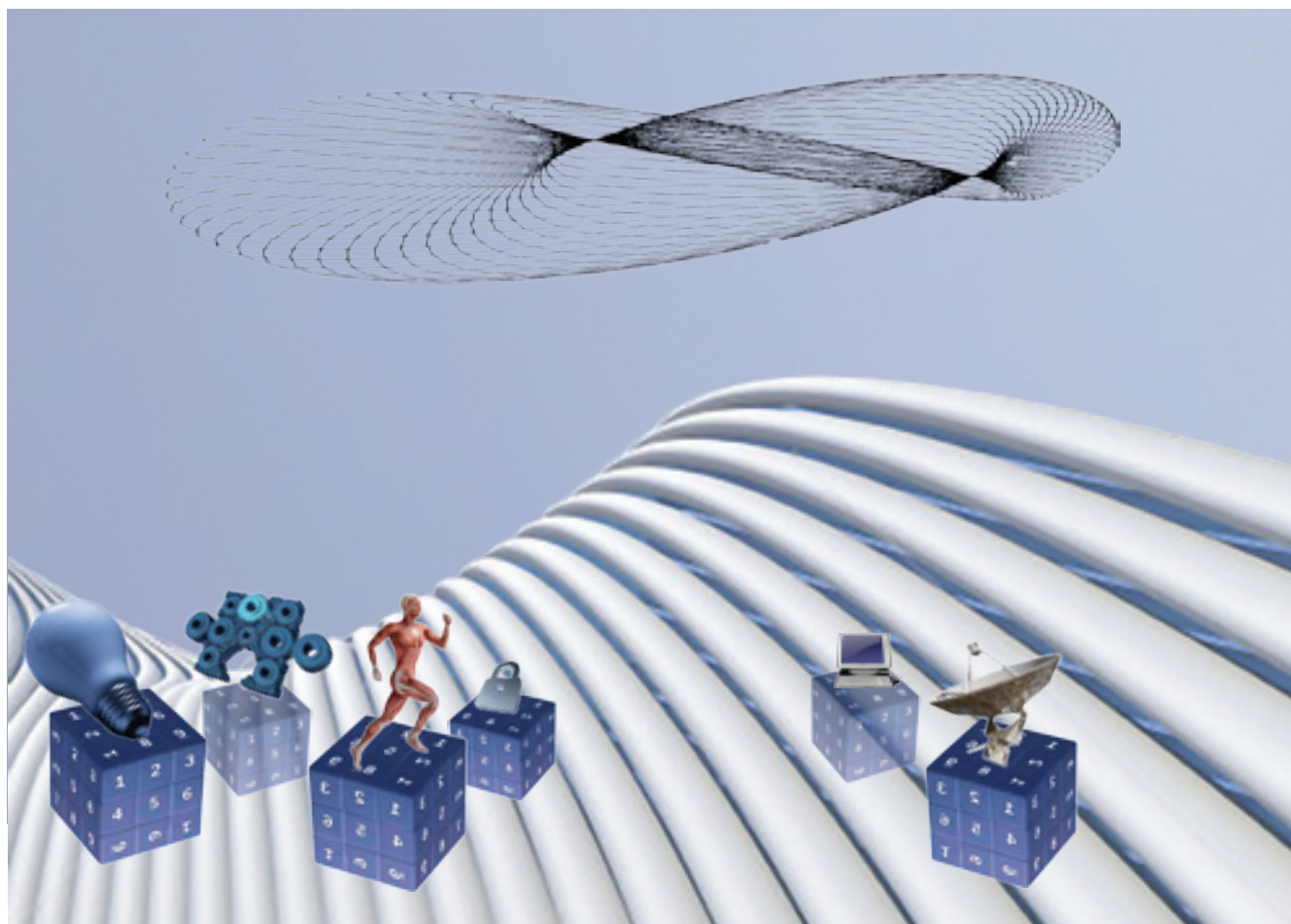


# Международный Форсайт 2000-х годов: сопоставительный анализ\*

Аксель Цвек, Анетте Браун, Сильви Рийкерс-Дефрасне



В статье обобщен опыт Форсайт-проектов, выполненных с начала 2000-х годов в Китае, Японии, Франции, Великобритании, США и ЕС. Наряду с многочисленными различиями между проанализированными исследованиями выявлены общие для них черты.

Во всех случаях эксперты отдают приоритет таким областям, как энергетика, здравоохранение, медицина и питание, биотехнологии и науки о жизни; нано- и микросистемные технологии; информационно-коммуникационные технологии (ИКТ); электроника; производственные технологии и процессы; науки о материалах; экология; оборона и производство авиакосмической техники.

При этом технологические прогнозы продемонстрировали, что достижения в сферах устойчивого развития, экологии и ИКТ выступают предпосылкой прогресса в других технологических направлениях.

Аксель Цвек — руководитель Департамента консалтинга и сопровождения инновационной деятельности. E-mail: zweck@vdi.de

Анетте Браун — научный сотрудник Департамента консалтинга и сопровождения инновационной деятельности. E-mail: braun\_a@vdi.de

Сильви Рийкерс-Дефрасне — научный сотрудник Департамента консалтинга и сопровождения инновационной деятельности. E-mail: rijkers@vdi.de

Технологический центр Союза немецких инженеров (VDI Technologiezentrum GmbH), Германия

Адрес: VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

#### Ключевые слова

технологическое прогнозирование; дорожная карта; Форсайт; метаанализ; стратегия научных исследований

Цитирование: Zweck A., Braun A., Rijkers-Defrasne S. (2014) International Foresight of the 2000s: Comparative Analysis. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 2, pp. 6–15

\* Статья основана на материалах 9-го Симпозиума по Форсайту и технологическому планированию (9 Symposium for Foresight and Technology Planning), состоявшегося 5–6 декабря 2013 г. в Берлине [HNI, 2013].

## Технологические прогнозы

С начала 1990-х гг. технологические прогнозы занимают все более важное место в разработке научно-технической и инновационной политики на международном, национальном, региональном и корпоративном уровнях. Анализ содержания таких прогнозов помогает получить информацию о базовых тенденциях технологического развития, причем наиболее эффективную их идентификацию обеспечивают международные сравнения. Хотя Форсайт-проекты весьма разнородны по составу участников, контексту и целям, что усиливает и без того неизбежные методические трудности их сопоставления, метаанализ технологических прогнозов, выполненный Технологическим центром Союза немецких инженеров (VDI Technologiezentrum) уже в четвертый раз [Braun et al., 2013], способствует созданию полноценного представления о перспективах технологического развития.

### Методика

Методически представленный анализ базируется на трех предшествующих исследованиях, ранее выполненных Центром VDI, в ходе которых выявились сходства и различия между избранными европейскими, американскими и азиатскими Форсайт-инициативами. Первым из них было обзорное исследование «Международные прогнозы технологического развития в сопоставлении» (International Technology Forecasts in Comparison) 2004 г. [Seiler et al., 2004]; за ним последовал проект «Текущие технологические прогнозы в свете международных стандартов» (Current Technology Forecasts by International Standards) 2006 г. [Holtmannspötter et al., 2006]; а в 2010 г. был опубликован доклад «Технологическое прогнозирование — международное сопоставление 2010» (Technology Forecasting — International Comparison 2010) [Holtmannspötter et al., 2010].

Целью рассматриваемого нами сравнительного исследования (2013 г.) являлась подготовка обзора основных аспектов и содержания наиболее значимых прогнозов технологического развития за рубежом и представление выводов в компактном и упорядоченном виде дополнительной информации Федеральному министерству образования и научных исследований (Federal Ministry for Education and Research, BMBF) и лицам, ответственным за принятие решений в других организациях, для формирования научной политики и разработки стратегий.

В процессе выявления соответствующих технологических прогнозов в данной работе был сделан упор не только на прямых конкурентов Германии из Северной Америки и Европы, но и на развивающиеся страны и будущие экономические державы, прежде всего из Азии, а также из других регионов мира. По сравнению с предыдущими исследованиями поиск прогнозов был расширен благодаря международной деятельности в рамках программы European Forward Looking Activities Европейской

Комиссии и деятельности европейских технологических платформ.

Исходя из специфицированных критериев отбора<sup>1</sup> для анализа были выбраны национальные прогнозы технологического развития пяти стран — Китая, Франции, Японии, США и Великобритании — и исследования ключевых обеспечивающих технологий (*key enabling technologies*), осуществленные по заказу Еврокомиссии.

Отмеченные проекты отличаются друг от друга с точки зрения стоящих перед ними целей, степени детализации, рассматриваемых технологических областей и социально-экономических аспектов, временных горизонтов. Чтобы добиться их четкого структурированного сопоставления, несмотря на указанные различия, необходимо было использовать единую аналитическую матрицу, выявляющую сходства и существенные отклонения. Соответственно, из каждого технологического прогноза были выделены ключевые положения и выводы по следующим предметным областям<sup>2</sup>:

- транспорт и логистика;
- авиация и космос;
- строительство и жилищно-коммунальное хозяйство;
- морские технологии и перевозки;
- энергетика;
- нанотехнологии и микросистемы;
- новые материалы;
- производственные технологии и процессы;
- оптические технологии;
- ИКТ;
- электроника;
- биотехнологии и науки о жизни;
- здравоохранение, медицинские технологии и питание;
- устойчивое развитие и экология;
- оборона и безопасность;
- услуги.

Таким образом, в нашем исследовании предложена классификация 16 предметных областей в привязке к соответствующим национальным прогнозам и ко времени их подготовки или публикации. Количественная оценка важности технологических направлений и приоритетов государственной научной политики не проводилась. На основе полученных результатов — сопоставления политического и стратегического эффекта технологических прогнозов — сделать это было бы невозможно.

### Характеристики выбранных для сравнения технологических прогнозов

Сложность выполненного нами метаанализа в значительной мере определялась тем, что сравниваемые прогнозы различались как широтой охвата, так и глубиной конкретизации: в одних случаях исследования носили весьма обобщенный характер, уделяя каждой отдельной технологии лишь поверхностное внимание

<sup>1</sup> Группы стран, заказчик, географическая структура, предметная область, временной горизонт, социально-экономические задачи, язык [Braun et al., 2013].

<sup>2</sup> Следует подчеркнуть, что основательность выводов и прогнозов в ходе метаанализа не оценивалась. Наиболее важные прогнозы ранжированы авторами по следующей схеме: реалистичный, вероятный, маловероятный, нереалистичный, не имеет значения.

Табл. 1. **Характеристики сравниваемых технологических прогнозов**

Страна	Исследование	Заказчик	Исполнитель	Дата публикации	Временной горизонт	Источники
Китай	«Наука и технологии в Китае: дорожная карта на период до 2050 г.» (Science & Technology in China: Roadmap for 2050)	Китайская академия наук (Chinese Academy of Sciences)	Различные организации	2010–2012	2050	[CAS, 2010]
Франция	«Ключевые технологии 2015» (Technologies Clés 2015)	Главное управление конкуренции в промышленности и сфере услуг при Министерстве стимулирования экономики (Directorate General for Competition, Industry and Services at the Ministry for the Revival of Production, DGCIS)	Консорциумы экспертов	2011	2015–2020	[DGCIS, 2011]
Япония	«9-й прогноз научно-технологического развития Японии» (9 Japanese Science and Technology Forecast)	Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологий (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, MEXT)	Национальный институт научной политики (National Institute of Science and Technology Policy, NISTEP)	2010	2039	[NISTEP, 2010a; NISTEP, 2010b; NISTEP, 2010c; NISTEP, 2010d]
Великобритания	«Будущие технологии и инновации» (Technology and Innovation Futures)	Управление науки Департамента бизнеса, инноваций и профессиональных навыков (Government Office for Science, Department for Business, Innovation and Skills)	Форсайт-центр сканирования горизонтов (Foresight Horizon Scanning Centre)	2012	2020	[BIS, 2010; BIS, 2012]
США	Доклады Президентского совета консультантов по науке и технологиям (Reports of President's Council of Advisors on Science and Technology)	Президент США	Президентский совет консультантов по науке и технологиям (President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)	2010–2012	2015+	[PCAST, 2010a; PCAST, 2010b; PCAST, 2010c; PCAST, 2012a; PCAST, 2012b; PCAST, 2012c]
ЕС	«Ключевые обеспечивающие технологии» (Key Enabling Technologies, KET)	Европейская Комиссия	Группа экспертов высшего уровня	2011	2020+	[European Commission, 2011; European Commission, 2012]

Источник: VDI Technologiezentrum.

(например, в Японии); в других — технологические области рассматривались очень детально (в частности, в Китае). Американские Форсайт-проекты также служат примерами сфокусированного анализа, но за счет большого количества таких исследований достигается охват широкого тематического спектра.

### Направленность технологических прогнозов

Хотя, как уже упоминалось, анализируемые технологические прогнозы весьма разнородны, налицо существенное сходство между их основными приоритетами: во всех исследованиях большое внимание уделено энергетике, здравоохранению, медицине, питанию; биотехнологиям и наукам о жизни; нано- и микросистемным технологиям.

Сравнение результатов нашего анализа с предшествующими исследованиями Центра VDI показывает, что интенсивность дебатов по ряду направлений — энергетике, здравоохранению, нано-, био- и оптическим

технологиям, экологии и космосу — за прошедшее десятилетие увеличилась. Напротив, такие области, как ИКТ, производство материалов, электроника и транспорт в настоящее время пользуются меньшим вниманием, чем десять лет назад.

Если результатом сравнительного анализа 2004 г. стали дискуссии по перспективам конвергенции различных технологий (биотехнологий, нанотехнологий, наук о материалах и ИКТ), то в проекте 2006 г. главными темами оказались устойчивое развитие и экология. Исследование 2010 г., в свою очередь, выявило возросший интерес к энергетике.

Особенностью рассматриваемого нами сопоставительного исследования 2013 г. стала идентификация «явных» приоритетных направлений технологического развития, а именно энергетике, здравоохранения, био- и нанотехнологий. Кроме того, показано, что ключевыми «скрытыми» приоритетами технологического развития выступают устойчивое развитие,

экология и ИКТ. В отличие от предшествующих национальных Форсайт-исследований сейчас эти сферы рассматриваются не как самостоятельные области технологического развития, а как «междисциплинарные» по отношению к другим.

### Ключевые положения прогнозов технологического развития по направлениям

Ниже представлены основные выводы прогнозов для конкретных технологических областей.

Во всех проанализированных проектах было уделено внимание *энергетике*. Технологии использования угля вызывают не меньший интерес, чем возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, вода, биомасса, геотермальные источники) и технологии ядерной энергетики, включая переработку ядерных отходов. Однако более приоритетными считаются новые либо альтернативные технологии, в том числе нетрадиционные способы добычи нефти и газа, технологии аккумулирования, консервации («умные сети»), эффективной конверсии и использования энергии. Особая роль при этом отводится нанотехнологическим процессам.

В области *биотехнологий и наук о жизни* ряд технологий выделены в качестве ключевых — имеющих важные сферы применения, особенно в здравоохранении, в производстве продуктов питания и в промышленности: например, разработка альтернативных чистых и устойчивых производственных процессов для промышленности и сельского хозяйства. В состав приоритетов высшего уровня входят «лаборатории на чипе», развитие исследований в сфере «омик-технологий»<sup>3</sup>, изучение стволовых клеток, «инженерия тканей», синтетическая биология и применение белых биотехнологий в новых областях (в текстильной, бумажной парфюмерной промышленности и др.). Ожидается интенсивное развитие биотехнологических процессов для сельского хозяйства: биологических удобрений, молекулярного растениеводства, новых современных методов животноводства и консервации ресурсов. База прогресса в разработке методов экспресс-диагностики видится в развитии микрожидкостных мембранных технологий и молекулярной биологии.

В сфере *здравоохранения, медицинских технологий и питания* рекомендации прогнозов касаются развития технологий репродуктивной медицины для профилактики и лечения острых хронических заболеваний, борьбы с инфекциями, решения задач в сфере био- и продовольственной безопасности. Прогнозируется прогрессирующее проникновение новых технологий в сектор здравоохранения, что обеспечивается динамикой биотехнологий, ИКТ, нано- и микросистем, технологий производства материалов. В числе перспективных медицинских разработок названы методы получения функциональных изображений, технологии телемедицины и персональной медицины, системы типа «лаборатория на чипе», регенеративная медицина, усовершенствованные медицинские инструменты,

нано- и биомедицинские технологии и минимально-инвазивные методы.

Заметное внимание привлекают *нано- и микросистемные технологии*, особенно межотраслевого и поддерживающего характера; благодаря их конвергенции с другими дисциплинами, в частности материаловедением, биотехнологиями, ИКТ, ожидаются крупные технологические прорывы. Считается, что значительным потенциалом обладают наноматериалы, микроустройства и реакторы, сенсоры и сенсорные сети. Предполагается более активное применение нанотехнологий и материалов в практических приложениях повседневного пользования, связанных со здравоохранением, экологией и энергетикой.

Прогнозируемые достижения в области *ИКТ* включают развитие индустрии информационных и интеллектуальных услуг, конвергенцию ИКТ с другими дисциплинами, что позволит повсеместно и в любое время получать доступ к информации, знаниям, приложениям и услугам. Речь идет, в частности, о распределенных (параллельных) и облачных вычислениях, «Интернете вещей», сетях следующего поколения, человеко-машинных интерфейсах, повышении информационной и коммуникационной безопасности.

Среди *производственных технологий и процессов* растущее значение придается технологиям, позволяющим использовать новые ресурсы и источники энергии; технологиям, нацеленным на повышение эффективности производства и снижение ресурсопотребления; системной интеграции; разработке и производству «зеленых» продуктов; рециклингу.

В *материаловедении* ожидаются усиление роли и прогресса технологий в области получения функциональных, «умных», ориентированных на рециклинг, биоподобных материалов; повторного их использования. Намечается прогресс в разработке методов неразрушающего тестирования материалов.

В отношении *устойчивого развития, экологии и истощения запасов ресурсов* на передний план вышли проблемы глобального изменения климата, состояния рек и окружающей среды (биогеохимическая цепочка «земля — река — берег»), урбанизации, качества окружающей среды (контроль и снижение уровня загрязнения), биоразнообразия, восстановления поврежденных экосистем. Обсуждаются также прикладные технологии для поддержания экологического баланса водных сред и очистки воздуха; совершенствования фотокаталитических процессов; восстановления почв; утилизации и переработки отходов; обеспечения устойчивого развития общества в целом. Более того, проблема дефицита природных ресурсов рассматривается применительно ко всем остальным технологическим областям.

Касательно *электроники* следует обратить внимание на ее конвергенцию с такими технологическими областями, как микро- и нанотехнологии (углубление миниатюризации, полупроводники) и биотехнологии (ДНК-вычисления). Возрастет роль силовой электроники, активизируется применение электроники

<sup>3</sup> Суффикс «омика» обозначает подобласти современной биологии, в задачи которых входит исследование отдельных сходных элементов — геномика, метаболомика, протеомика и др.

Рис. 1. Динамика значимости технологических направлений, наиболее часто упоминавшихся в сравнительном исследовании 2004 г.

2004	2006	2010	2013
ИКТ	Устойчивое развитие и экология	Энергетика	Энергетика
Электроника	ИКТ	Устойчивое развитие и экология	Биотехнологии и науки о жизни
Наука о материалах	Биотехнологии и науки о жизни	Здравоохранение, медицинские технологии, питание	Здравоохранение, медицинские технологии, питание
Биотехнологии и науки о жизни	Здравоохранение, медицинские технологии, питание	ИКТ	Нано-и микросистемы
Здравоохранение, медицинские технологии, питание	Энергетика	Транспорт и логистика	ИКТ
Производственные технологии и процессы	Производственные технологии и процессы	Биотехнологии и науки о жизни	Производственные технологии и процессы
Энергетика	Наука о материалах	Оборона и безопасность	Устойчивое развитие и экология
Нано-и микросистемы	Нано-и микросистемы	Строительство и ЖКХ	Наука о материалах
Транспорт и логистика	Транспорт и логистика	Производственные технологии и процессы	Электроника
Оборона и безопасность	Авиация и космос	Наука о материалах	Оборона и безопасность
Устойчивое развитие и экология	Строительство и ЖКХ	Нано-и микросистемы	Авиация и космос
Авиация и космос	Оборона и безопасность	Авиация и космос	Транспорт и логистика
Морские технологии и перевозки	Электроника	Морские технологии и перевозки	Оптические технологии
Услуги	Оптические технологии	Оптические технологии	Морские технологии и перевозки
Оптические технологии	Услуги	Услуги	Услуги
Строительство и ЖКХ	Морские технологии и перевозки	Электроника	Строительство и ЖКХ

Источник: VDI Technologiezentrum.

в секторе связи и в энергетике (солнечные элементы, «умные сети», аккумуляторные батареи).

В области *обороны и безопасности* в центре внимания находятся безопасность систем и приложений ИКТ, управление кризисами и предотвращение катастроф, безопасность населения, профилактика преступности и сырьевая безопасность.

Развитие *авиационно-космической индустрии* связывается с инновационным импульсом, обусловленным расширением сферы деятельности человека, в частности благодаря микро- и наноэлектронике и новым технологиям движения. Прогресс космической техники ассоциируют с созданием легких и миниатюрных космических аппаратов и средств выведения на орбиту полезных грузов, а также с длительным нахождением человека в открытом космосе.

В *транспортном и логистическом секторе* на передний план выходят разработка транспортных средств с низким уровнем выбросов, более активное использование ИКТ (усовершенствованные системы помощи водителям), тенденция к созданию интеллектуальных транспортных сетей и стимулирование ресурсно-эффективного пользования транспортными средствами (например, коллективное использование автомобилей). Эксперты указывают на растущую важность системного инжиниринга, комплексного моделирования и имитационных методов для транспортного сектора.

Проанализированные нами технологические прогнозы свидетельствуют, что в развитии транспорта и логистики серьезные перспективы связаны с распространением ИКТ, фотоники, микро- и наноэлек-

троники. По мнению авторов прогнозов, *оптические технологии* обладают наибольшим рыночным потенциалом в применении фотоники для получения изображений в медицине, фотоэлектрических приложениях, «умных» системах освещения и «зеленой фотонике». Ожидается углубление конвергенции фотоники и электроники.

Применительно к *морским технологиям и перевозкам* в будущем станут возможными промышленная добыча ресурсов с морского дна и получение электроэнергии из волн, приливов и течений. Экологичное развитие морской биоиндустрии и появление возможностей для утилизации двуокиси углерода в хранилищах под морским дном имеют громадные перспективы. Это касается и сферы *строительства и жилищно-коммунального хозяйства*, в частности благодаря технологиям оптимизации энергопотребления и более эффективного ресурсооборота.

В секторе *услуг* возможно появление новых концепций на базе углубления гибридации производства.

### Динамика тематической структуры технологических прогнозов

На рис. 1 и 2 проиллюстрировано, как сфера охвата и направленность технологических прогнозов менялись с течением времени<sup>4</sup>, какие именно области были выделены и как отражались в них 16 указанных выше предметных областей. Тем самым нами предлагается качественная категоризация последних в привязке к соответствующим Форсайт-исследованиям, странам и периодам времени. Количественная оценка реле-

<sup>4</sup> Наиболее популярные технологические направления занимают более высокие позиции в рейтинге. В колонках указан рейтинг технологических направлений, охваченных сравнительными исследованиями 2004, 2006, 2010 и 2013 гг.

Рис. 2. Динамика значимости технологических направлений, наиболее часто упоминавшихся в сравнительном исследовании 2013 г.

2004	2006	2010	2013
ИКТ	Устойчивое развитие и экология	Энергетика	Энергетика
Электроника	ИКТ	Устойчивое развитие и экология	Биотехнологии и науки о жизни
Наука о материалах	Биотехнологии и науки о жизни	Здравоохранение, медицинские технологии, питание	Здравоохранение, медицинские технологии, питание
Биотехнологии и науки о жизни	Здравоохранение, медицинские технологии, питание	ИКТ	Нано-и микросистемы
Здравоохранение, медицинские технологии, питание	Энергетика	Транспорт и логистика	ИКТ
Производственные технологии и процессы	Производственные технологии и процессы	Биотехнологии и науки о жизни	Производственные технологии и процессы
Энергетика	Наука о материалах	Оборона и безопасность	Устойчивое развитие и экология
Нано-и микросистемы	Нано-и микросистемы	Строительство и ЖКХ	Наука о материалах
Транспорт и логистика	Транспорт и логистика	Производственные технологии и процессы	Электроника
Оборона и безопасность	Авиация и космос	Наука о материалах	Оборона и безопасность
Устойчивое развитие и экология	Строительство и ЖКХ	Нано-и микросистемы	Авиация и космос
Авиация и космос	Оборона и безопасность	Авиация и космос	Транспорт и логистика
Морские технологии и перевозки	Электроника	Морские технологии и перевозки	Оптические технологии
Услуги	Оптические технологии	Оптические технологии	Морские технологии и перевозки
Оптические технологии	Услуги	Услуги	Услуги
Строительство и ЖКХ	Морские технологии и перевозки	Электроника	Строительство и ЖКХ

Источник: VDI Technologiezentrum.

вантности технологических направлений и государственных приоритетов научной политики не предусматривалась. Точно так же на основе полученных результатов было бы невозможно сопоставить политические и стратегические эффекты технологических прогнозов.

Технологические области, которые наиболее часто рассматривались как в исследовании 2004 г. (рис. 1), так и в нашем последнем исследовании 2013 г. (рис. 2) обозначены разными цветами. В 2004 г. это были ИКТ, электроника и технологии производства материалов. С течением времени интерес к ним постоянно уменьшался; особенно это относится к ИКТ.

В отношении четырех основных направлений рассматриваемого в данной статье сопоставительного исследования (2013 г.), а именно энергетике; биотехнологий и наук о жизни; здравоохранения, медицины и питания; нано- и микросистемных технологий выявлен четкий тренд растущего внимания на протяжении всего периода наших наблюдений. В 2010 г. зафиксирован временный спад интереса к биотехнологиям, наукам о жизни, нано- и микросистемным технологиям, однако согласно новейшим результатам, он значительно вырос.

Следует еще раз указать на конвергенцию ИКТ и иных дисциплин: первые выполняют «обеспечивающую» роль, то есть их прогресс часто является предпосылкой дальнейшего развития многих других технологических областей. Поэтому в новейших технологических Форсайтах ИКТ зачастую не рассматриваются как отдельное направление; анализируются их приложения и вклад в динамику других секторов — транспорта, логистики и др. Вплоть до 2010 г. наблюдалось очевидное снижение интереса к электронике и созданию новых материалов, но, согласно данному

сравнительному исследованию, рейтинг этих направлений вновь повысился.

### Динамика за десятилетие

В табл. 2 отражена динамика интереса авторов Форсайт-исследований к различным технологическим областям на протяжении последних десяти лет. Относительное изменение релевантности соответствующих направлений в технологических прогнозах, проанализированных в нынешнем исследовании,

Табл. 2. Динамика релевантности технологических прогнозов:

Технологическая область	2004–2013
Энергетика	↑
Биотехнологии и науки о жизни	↑
Здравоохранение, медицинские технологии и питание	↑
Нано- и микросистемные технологии	↑
Устойчивое развитие и экология	↑
Оптические технологии	↑
Авиация и космос	↑
Производственные технологии и процессы	→
Строительство и ЖКХ	→
Оборона и безопасность	→
Наука о материалах	↓
Электроника	↓
Транспорт и логистика	↓
Морские технологии и перевозки	↓
Услуги	↓
ИКТ	↓

Источник: VDI Technologiezentrum.

представлено в сравнении с тем, какое место отводилось им примерно 10 лет назад (по результатам сравнительного исследования 2004 г.). Стрелки показывают рост или падение актуальности либо сохранение позиций.

Из табл. 2 видно, что на фоне наблюдений 2004 г. ряд технологических направлений, включая энергетику, биотехнологии и науки о жизни, здравоохранение, медицину и питание, нано- и микросистемные технологии, устойчивое развитие и экологию, оптические технологии, авиацию и космос, стали обсуждаться значительно чаще (хотя временами отмечался спад интереса к отдельным из них). Напротив, интерес к таким областям, как материалы, электроника, транспорт и логистика, морские технологии и перевозки, услуги и ИКТ за последние десять лет снизился. Уровень внимания к производственным технологиям и процессам, строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, а также обороне и безопасности практически не изменился.

### Заключение

Как мы уже отмечали, за двадцатилетний период Форсайты технологического развития приобрели значимую роль в разработке инновационной и технологической политики. Среди многих причин этого, в частности, гигантское увеличение объема технологических знаний, растущая сложность технологий и необходимость эффективно использовать ограниченные ресурсы для стимулирования инновационной деятельности. Помимо того небывалое сокращение инновационного цикла, сопровождающееся все более жестким конкурентным давлением, еще более способствовало усилению потребностей государственных органов, международных организаций и компаний в знаниях опережающего характера.

Анализ страновых междисциплинарных Форсайт-исследований позволяет получить представление о позициях и ожиданиях правительств в отношении перспектив технологического развития и отчасти даже о стратегическом планировании в соответствующем национальном контексте. Форсайт-исследования, реализуемые международными организациями, демонстрируют глобальную или как минимум региональную картину. Исследования технологий, выполненные по заказу многонациональных корпораций, помогают составить впечатление о ситуации в отдельных секторах.

Так, Германия как страна-экспортер, специализирующаяся на высокотехнологичной продукции, испытывает особую потребность в своевременном выявлении новых тенденций и путей развития. Для этого необходимо не только готовить собственные технологические прогнозы, но и осуществлять мониторинг исследований, выполняемых в других странах.

Метаанализ технологических Форсайт-исследований может помочь сформировать общее видение перспектив технологического развития, выявить сильные

стороны отдельных стран. Анализ содержания технологических прогнозов обеспечивает немедленную информацию о базовых технологических трендах, тогда как международное сравнение результатов таких проектов дает возможность эффективно выявлять общие тенденции.

Четвертое сопоставительное исследование подобного рода, выполненное Технологическим центром VDI, содержит обзор существенного контента и приоритетов международных технологических прогнозов. В исследовании предложена качественная оценка 16 проанализированных направлений в увязке с соответствующими национальными прогнозами и с учетом времени их подготовки или публикации.

Напомним, что сравниваемые прогнозы различаются по широте охвата и степени конкретизации. Часть из них, например в Японии, затрагивает обширный спектр тем, лишь поверхностно касаясь каждой из них. Другие (скажем, в Китае) представляют более детальный анализ отдельных технологических областей. Последнее касается и американских прогнозов, сфокусированных на специфических направлениях, но ввиду большого их количества обеспечивающих одновременно широкий тематический охват.

При всей разнородности рассмотренных нами Форсайт-проектов и разнообразии их концептуальных основ было продемонстрировано, что аналитическая структура сравнительного исследования адекватна его предмету. Иначе говоря, практически во всех случаях выводы проанализированных Форсайт-проектов могут быть отнесены к одной или двум из 16 технологических областей, включенных в аналитическую сетку<sup>5</sup>, которая остается практически неизменной уже в ходе четырех сравнительных исследований. Соответственно, можно предположить, что интерес к данным технологическим направлениям в целом сохранится и в перспективе; здесь проявленного авторами прогнозов, будет отчетливо заметна. При этом были выявлены лишь немногочисленные перемены. В то же время в ряде случаев создается впечатление существенного роста или падения интереса к тем или иным технологическим направлениям. Это тем более удивительно, если учесть, что включенные в аналитическую сетку технологические направления в высокой степени агрегированы, а технологические прогнозы зачастую охватывают значительные временные горизонты (десять лет или более).

Сравнительное исследование 2013 г. высветило очевидный приоритет, отводимый в технологических прогнозах таким областям, как энергетика; здравоохранение, медицинские технологии и питание; биотехнологии и науки о жизни; нано- и микросистемные технологии. Значительное место отводится ИКТ, электронике, производственным технологиям и процессам, наукам о материалах, экологии, обороне и авиакосмическим технологиям, а прогресс в сфере ИКТ, устойчивого развития и экологии выступает необходимым условием и предпосылкой для развития других областей. E

<sup>5</sup> Ряд тематических областей из 9-го японского технологического прогноза оказались неклассифицируемыми, а именно: усиление управленческих компетенций, востребованных по причине научно-технического прогресса либо ставших его следствием; инфраструктурные технологии для обеспечения повседневной жизнедеятельности и индустриальной базы; наблюдение, мониторинг, имитация и прогнозирование, оценка, формирование консенсуса.

- BIS (2010) Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s. London: Department for Business, Innovation and Skills. Режим доступа: <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/general-publications/10-1252-technology-and-innovation-futures.pdf>, дата обращения 06.03.2013.
- BIS (2012) Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s — 2012 Refresh. London: Department for Business, Innovation and Skills. Режим доступа: <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/horizon-scanning-centre/12-1157-technology-innovation-futures-uk-growth-opportunities-2012-refresh.pdf>, дата обращения 06.03.2013.
- Braun A., Holtmannspötter D., Korte S., Rijkers-Defrasne S., Zweck A. (2013) Technologieprognosen — Internationaler Vergleich 2013 (ZTC-Band 97). Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.
- CAS (2010) Science & Technology in China: A Roadmap to 2050. General Report. Beijing: Chinese Academy of Sciences. ISBN 978-3-642-04822-7.
- DGCIS (2011) Technologies-Clés 2015. Paris: Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services. Режим доступа: [http://www.dgcis.redressement-productif.gouv.fr/files/files/directions\\_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015.pdf](http://www.dgcis.redressement-productif.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015.pdf), дата обращения 26.03.2013.
- European Commission (2011) Key Enabling Technologies – Final Report by High Level Expert Group. Brussels: European Commission. Режим доступа: [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/kets/hlg\\_report\\_final\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/kets/hlg_report_final_en.pdf), дата обращения 15.02.2013.
- European Commission (2012) Eine europäische Strategie für Schlüsseltechnologien – Eine Brücke zu Wachstum und Beschäftigung (COM(2012) 341 final). Brussels: European Commission. Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0341:FIN:DE:PDF>, дата обращения 14.02.2013.
- HNI (2013) Vorausschau und Technologieplanung. Vol. 318. Berlin: Jürgen Gausemeier, HNI-Verlagsschriftenreihe. ISBN: 978-3-942647-25-0.
- Holtmannspötter D., Rijkers-Defrasne S., Glauner C., Korte S., Zweck A. (2006) Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich. Übersichtsstudie (ZTC-Band 58). Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.
- Holtmannspötter D., Rijkers-Defrasne S., Ploetz C., Thaller-Honold S., Zweck A. (2010) Technologieprognosen — Internationaler Vergleich 2010 (ZTC-Band 88). Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.
- NISTEP (2010a) The 9th Science and Technology Foresight Contribution of Science and Technology to Future Society — The 9th Delphi Survey 2010. Report № 140. Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Режим доступа: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep140e/pdf/rep140se.pdf>, дата обращения 15.02.2013.
- NISTEP (2010b) The 9th Science and Technology Foresight Contribution of Science and Technology to Future Society — Future Scenarios Opened up by Science and Technology 2010. Report № 141. Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Режим доступа: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep141e/pdf/rep141se.pdf>, дата обращения 15.02.2013.
- NISTEP (2010c) The 9th Science and Technology Foresight — Contribution of Science and Technology to Future Society — Capability of Local Regions for the Green Innovation 2010. Report № 142. Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Режим доступа: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep142e/pdf/rep142se.pdf>, дата обращения 15.02.2013.
- NISTEP (2010d) Contribution of Science and Technology to Future Society. Report № 145. Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy.
- PCAST (2010a) Realizing the Full Potential of Health Information Technology to Improve Healthcare for Americans: The Path Forward. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-health-it-report.pdf>, дата обращения 13.03.2013.
- PCAST (2010b) Report to the President on Accelerating the Pace of Change in Energy Technologies Through an Integrated Federal Energy Policy. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-energy-tech-report.pdf>, дата обращения 15.03.2013.
- PCAST (2010c) Designing a Digital Future: Federally Funded Research and Development Networking and Information Technology. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-nitrd-report-2010.pdf>, дата обращения 15.03.2013.
- PCAST (2012a) Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast\\_amp\\_steering\\_committee\\_report\\_final\\_july\\_27\\_2012.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_27_2012.pdf), дата обращения 14.03.2013.
- PCAST (2012b) Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing — Annex 1: Technology Development Workstream Report. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp\\_final\\_report\\_annex\\_1\\_technology\\_development\\_july\\_update.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp_final_report_annex_1_technology_development_july_update.pdf), дата обращения 15.03.2013.
- PCAST (2012c) Report to the President and Congress on the Fourth Assessment of the National Nanotechnology Initiative. Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST\\_2012\\_Nanotechnology\\_FINAL.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST_2012_Nanotechnology_FINAL.pdf), дата обращения 15.03.2013.
- Seiler P., Holtmannspötter D., Albertshausen U. (2004) Internationale Technologieprognosen im Vergleich. Übersichtsstudie (ZTC-Band 52). Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.



# International Foresight of the 2000s: A Comparative Analysis

**Axel Zweck**

Head, Department of Innovation Consulting and Innovation Support. E-mail: zweck@vdi.de

**Anette Braun**

Research Fellow, Department of Innovation Consulting and Innovation Support. E-mail: braun\_a@vdi.de

**Sylvie Rijkers-Defrasne**

Research Fellow, Department of Innovation Consulting and Innovation Support. E-mail: rijkers@vdi.de

VDI Technologiezentrum GmbH  
Address: VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf, Germany

## Abstract

Since the early 1990s technology forecasts play an increasingly important role in the S&T and innovation policies at the international, country, regional and corporate levels. In this regard, significant attention is given to monitoring and evaluation of such activities to improve their efficiency and quality of outputs. Since 2004, the VDI Technology Centre (Germany) conducts a comparative analysis of technology Foresight studies implemented in China, Japan, France, UK, the USA and the EU using 16 selected technology topics. Despite the many differences

observed between the studies, we note some significant common issues: all the foresight studies we analysed deal in detail with the issues of energy, health / medicine / nutrition, biotechnology / life sciences and nano- / microsystems technology, and also with ICT, electronics, manufacturing, process and material technology, environment, defence and space technologies. Herewith, all the technology forecasts we compared assumed that progression in sustainability / environment and ICT was a prerequisite for progress in other areas.

## Keywords

technology forecasting; roadmap; Foresight, meta-analysis, research strategy

## Citation

Zweck A., Braun A., Rijkers-Defrasne S. (2014) International Foresight of the 2000s: Comparative Analysis. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 2, pp. 6–15

## References

- BIS (2010) *Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s*, London: Department for Business, Innovation and Skills. Available at: <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/general-publications/10-1252-technology-and-innovation-futures.pdf>, accessed 06.03.2013.
- BIS (2012) *Technology and Innovation Futures: UK Growth Opportunities for the 2020s — 2012 Refresh*, London: Department for Business, Innovation and Skills. Available at: <http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/horizon-scanning-centre/12-1157-technology-innovation-futures-uk-growth-opportunities-2012-refresh.pdf>, accessed 06.03.2013.
- Braun A., Holtmannspötter D., Korte S., Rijkers-Defrasne S., Zweck A. (2013) *Technologieprognosen — Internationaler Vergleich 2013* (ZTC-Band 97), Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.
- CAS (2010) *Science & Technology in China: A Roadmap to 2050* (General Report), Beijing: Chinese Academy of Sciences. ISBN 978-3-642-04822-7.
- DGCIS (2011) *Technologies-Clés 2015*, Paris: Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services. Available at: [http://www.dgcis.redressement-productif.gouv.fr/files/files/directions\\_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015.pdf](http://www.dgcis.redressement-productif.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015.pdf), accessed 26.03.2013.
- European Commission (2011) *Key Enabling Technologies – Final Report by High Level Expert Group*, Brussels: European Commission. Available at: [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/kets/hlg\\_report\\_final\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/kets/hlg_report_final_en.pdf), accessed 15.02.2013.
- European Commission (2012) *Eine europäische Strategie für Schlüsseltechnologien – Eine Brücke zu Wachstum und Beschäftigung* (COM(2012) 341 final), Brussels: European Commission. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0341:FIN:DE:PDF>, accessed 14.02.2013.

- HNI (2013) *Vorausschau und Technologieplanung*, vol. 318, Berlin: Jürgen Gausemeier, HNI-Verlagsschriftenreihe. ISBN: 978-3-942647-25-0.
- Holtmannspötter D., Rijkers-Defrasne S., Glauner C., Korte S., Zweck A. (2006) *Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich. Übersichtsstudie* (ZTC-Band 58), Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.
- Holtmannspötter D., Rijkers-Defrasne S., Ploetz C., Thaller-Honold S., Zweck A. (2010) *Technologieprognosen — Internationaler Vergleich 2010* (ZTC-Band 88), Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.
- NISTEP (2010a) *The 9th Science and Technology Foresight Contribution of Science and Technology to Future Society — The 9th Delphi Survey 2010* (Report no 140), Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Available at: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep140e/pdf/rep140se.pdf>, accessed 15.02.2013.
- NISTEP (2010b) *The 9th Science and Technology Foresight Contribution of Science and Technology to Future Society — Future Scenarios Opened up by Science and Technology 2010* (Report no 141), Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Available at: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep141e/pdf/rep141se.pdf>, accessed 15.02.2013.
- NISTEP (2010c) *The 9th Science and Technology Foresight — Contribution of Science and Technology to Future Society — Capability of Local Regions for the Green Innovation 2010* (Report no 142), Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy. Available at: <http://www.nistep.go.jp/achiev/sum/eng/rep142e/pdf/rep142se.pdf>, accessed 15.02.2013.
- NISTEP (2010d) *Contribution of Science and Technology to Future Society* (Report no 145), Tokyo: Japan Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy.
- PCAST (2010a) *Realizing the Full Potential of Health Information Technology to Improve Healthcare for Americans: The Path Forward*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-health-it-report.pdf>, accessed 13.03.2013.
- PCAST (2010b) *Report to the President on Accelerating the Pace of Change in Energy Technologies Through an Integrated Federal Energy Policy*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-energy-tech-report.pdf>, accessed 15.03.2013.
- PCAST (2010c) *Designing a Digital Future: Federally Funded Research and Development Networking and Information Technology*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-nitrd-report-2010.pdf>, accessed 15.03.2013.
- PCAST (2012a) *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast\\_amp\\_steering\\_committee\\_report\\_final\\_july\\_27\\_2012.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_27_2012.pdf), accessed 14.03.2013.
- PCAST (2012b) *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing — Annex 1: Technology Development Workstream Report*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp\\_final\\_report\\_annex\\_1\\_technology\\_development\\_july\\_update.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/amp_final_report_annex_1_technology_development_july_update.pdf), accessed 15.03.2013.
- PCAST (2012c) *Report to the President and Congress on the Fourth Assessment of the National Nanotechnology Initiative*, Washington, DC: President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST\\_2012\\_Nanotechnology\\_FINAL.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST_2012_Nanotechnology_FINAL.pdf), accessed 15.03.2013.
- Seiler P., Holtmannspötter D., Albertshäuser U. (2004) *Internationale Technologieprognosen im Vergleich. Übersichtsstudie* (ZTC-Band 52), Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH.