



Июнь 2023 года

Обзор актуальных форсайт-проектов развития науки и технологий

НИУ ВШЭ представляет обзор наиболее актуальных форсайт-проектов, посвященных различным аспектам научно-технологического развития в средне- и долгосрочной перспективе.

Наука и технологии являются основными драйверами современного мирового развития. Усиливающиеся глобальные вызовы, рост геополитической напряженности, быстрая трансформация мировых рынков под влиянием передовых достижений науки и технологий, многофакторность, сложность и высокий уровень неопределенности социально-экономических явлений и процессов – эти и другие особенности современного этапа развития экономики и общества значительно повышают востребованность форсайт-исследований, прежде всего относящихся к сфере науки и технологий.

Форсайт (как совокупность подходов к включению средне- и долгосрочных оценок в процесс принятия управленческих решений на основе достижения консенсуса между заинтересованными сторонами) динамично развивается несколько последних десятилетий. Изначально Форсайт преимущественно использовался для выявления перспектив технологического развития, но со временем он трансформировался в инструмент стратегического планирования, направленный на комплексное изучение и оценку перспектив развития научно-технологических, инновационных и социально-экономических систем.

Текущая тематика форсайт-проектов многообразна. Она охватывает политические, экономические, научно-технологические, социальные и экологические аспекты и перспективы развития различных секторов экономики и сфер жизнедеятельности общества. Сегодня Форсайт активно применяется международными организациями, национальными правительствами и бизнесом как инструмент формирования стратегий и политики в сложном и быстро меняющемся мире.

Проблемы, вызовы и перспективы научно-технологического развития исследуются либо в рамках специализированных технологических исследований, либо как важный интегральный элемент комплексных стратегических исследований будущего. Представленные проекты, выполненные авторитетными международными и национальными организациями, иллюстрируют различные области применения Форсайта (критические и возникающие технологии, технологические тренды, перспективы развития научно-технологических направлений и областей и др.) и используемые методы (экспертные процедуры, критические технологии, сканирование горизонтов и др.).

Критические и возникающие технологии Совета по науке и технологиям, США (2022)

Одним из наиболее эффективных подходов к определению приоритетов научно-технологического развития на среднесрочную перспективу является использование метода критических технологий, который активно применяется во многих развитых странах (США, Великобритания, Австралия и др.). В США первые крупные проекты по формированию перечней критических технологий национального уровня были реализованы еще в 80-е гг. прошлого века. Их результаты представлялись в отчетах по национальным критическим технологиям, которые готовились для Администрации Президента и Конгресса США с периодичностью один раз в два года до конца 1990-х гг. В последующие годы подобные работы выполнялись преимущественно на отраслевом уровне (критические военные, энергетические и другие технологии).

В последние годы США вернулись к практике разработки и регулярной актуализации перечней критических и возникающих технологий национального уровня (под ними понимаются передовые технологии, необходимые для достижения национальной безопасности страны) как одного из важнейших инструментов реализации научно-технической и инновационной политики. Данные

перечни разрабатываются в соответствии со «Стратегией для национальных и критических технологий» от 2020 г.¹

Обновленный перечень критических и возникающих технологий, призванных поддерживать технологическое лидерство и высокий уровень конкурентоспособности страны, был принят в 2022 г.² В формировании перечня критических и возникающих технологий принимали участие представители Национального совета по науке и технологиям, Совета национальной безопасности, большинства министерств (агентств) и экспертного сообщества.

Принятый перечень имеет двухуровневую структуру и состоит из 19 технологических направлений и более 100 технологических областей. Среди технологических направлений выделяются сквозные технологии и технологии преимущественно отраслевой направленности. В состав критических технологий входят однородные подгруппы, число которых варьируется от 2 до 15. Например, для направления «Продвинутое производство» – это нанопроизводство, аддитивное, чистое, устойчивое и умное производство.

Подготовленные перечни используются при разработке мер по обеспечению национальной безопасности, определении приоритетных областей исследований и разработок, формировании исследовательских программ и планов деятельности министерств, в качестве научно-технологических ориентиров для бизнеса и при осуществлении международной кооперации в научно-технологической сфере.

Важным направлением эффективной реализации критических и возникающих технологий становится разработка международных стандартов, ориентированных на их совместную реализацию совместно со странами-партнерами³. С этой целью в 2023 г. для обеспечения эффективного международного сотрудничества при разработке и применении данных технологий в рамках Госдепартамента была создана должность специального посланника по критическим и возникающим технологиям⁴.

Рамочное видение науки и технологий Офиса по науке и технологиям, Правительство Великобритании (2023)

В Великобритании Форсайт играет значительную роль в формировании научно-технической и инновационной политики в целях укрепления позиций страны как глобальной научной сверхдержавы и ведущей мировой инновационной экономики. Форсайт-проекты реализуются в стране уже более 30 лет.

В Рамочном видении науки и технологий Великобритании (2023 г.) определены цели и направления научно-технологического развития страны до 2030 г.⁵ Будущее Великобритании как преуспевающей и конкурентоспособной страны с высоким качеством жизни связывается с поддержкой прежде всего тех научно-технологических и инновационных направлений, в которых у страны есть наибольшие достижения и преимущества.

Важнейшее место в данном видении принадлежит критическим технологиям. К критическим отнесены технологии, которые обладают значительным рыночным потенциалом, имеют продвинутую фундаментальную базу, вносят наибольший вклад в национальную безопасность, цифровую экономику, здравоохранение и устойчивое развитие. В их числе выделяются следующие технологии: искусственный интеллект; телекоммуникации будущего; полупроводники; квантовые технологии и инженерная биология. Для обеспечения эффективной реализации каждой критической технологии разрабатывается межправительственный план по оптимизации научно-технической системы страны.

В качестве ключевых мер по достижению целевого образа будущего выделены разработка и реализация критических технологий, привлечение лучших талантов со всего мира, формирование квалифицированной рабочей силы для отраслей промышленности будущего, развитие инфраструктуры и стимулирование инвестиций для вывода технологий на рынок, развитие нормативно-правовой среды, стимулирующей инновации, включая создание стандартов.

¹ <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/10/National-Strategy-for-CET.pdf>

² <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>

³ <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/05/US-Gov-National-Standards-Strategy-2023.pdf>

⁴ <https://www.state.gov/about-us-office-of-the-special-envoy-for-critical-and-emerging-technology/>

⁵ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1140217/uk-science-technology-framework.pdf

В Инновационной стратегии Великобритании «Лидируя в будущем, создавая его» (2021 г.) предусматривается поддержка более широкого круга стратегических направлений (технологий), к которым отнесены искусственный интеллект, цифровые и передовые вычисления; электроника, фотоника и квантовые технологии; передовые материалы и производство; робототехника и умные машины; энергетические и экологические технологии; биоинформатика и геномика; инженерная биология⁶.

Аналогичный рассмотренным выше перечень критических технологий, значимых для обеспечения национальных интересов страны, был принят в Австралии в 2023 г.⁷ В него были включены технологии, к которым требуется обеспечить бесперебойный доступ на основе развития собственного исследовательского, интеллектуального и промышленного потенциала.

6-й Форсайт науки и технологий Института KISTEP, Министерство науки и ИКТ, республика Корея (2022)

Данный форсайт-проект является примером комплексного стратегического исследования будущего, в котором наука и технологии выступают в качестве движущей силы его достижения и важнейшего интегрального элемента. В Республике Корея с 2001 г. действует Рамочный закон о науке и технологиях (Framework Act on Science and Technology), предписывающий проведение общегосударственных технологических Форсайтов каждые пять лет, а за координацию этой работы отвечает профильное министерство⁸.

В 2022 г. через почти 30 лет с момента проведения 1-го национального Форсайта⁹ в стране были опубликованы результаты 6-го Форсайта науки и технологий с прогнозным периодом до 2045 г. Проект был выполнен Корейским институтом оценки и планирования науки и технологий (KISTEP) и направлен на формирование образа будущего общества с учетом изменений внешней среды и появления новых технологий¹⁰. При его проведении использовались такие методы, как: анализ трендов; сетевой анализ на основе больших данных; анализ переломных моментов развития технологий; опрос Дельфи в два раунда (свыше 2 тыс. респондентов) для оценки технологий будущего и их основных характеристик (инновационность, техническая конкурентоспособность и др.).

Исследователями были выделены пять мегатрендов («Цифровой мир», «Изменение социальной структуры», «Глобальное изменение окружающей среды и использование ресурсов», «Изменение мирового порядка», «Рутинный риск») и 12 трендов мировой социальной трансформации. На их основе были определены перспективные направления исследований и сформирован список из 241 технологии. Эти технологии были разделены на шесть групп: «Цифровая трансформация» (пример: образовательная экосистема, основанная на искусственном интеллекте), «Производство и материалы» (пример: технологии изготовления человеческих органов с использованием зашифрованной личной информации о теле при помощи 3D/4D печати), «Медицина и здравоохранение» (пример: технологии генной терапии для лечения генетических заболеваний), «Городская среда и катастрофы» (пример: автономный беспилотный патрульный робот для заблаговременного выявления преступлений), «Безопасность и эксплуатация» (пример: технологии, позволяющие вести сельское хозяйство на Луне и Марсе), «Энергия и окружающая среда» (пример: технологии производства стали без выбросов парниковых газов).

Стратегические Форсайты 2021 и 2022 гг. Института перспективных технологических исследований Европейской Комиссии (2021-2022)

Форсайт-проекты, реализуемые на уровне Европейского Союза, являются примерами стратегического Форсайта, в котором передовым технологиям принадлежит важнейшая роль в достижении стратегических целей Европейского Союза, включая обеспечение его стратегической автономии.

«Зеленый» и цифровой переходы – два глобальных тренда, определяющие будущее Европейского Союза. В 2022 г. Еврокомиссией опубликован доклад «Объединение «зеленого» и

⁶ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1009577/uk-innovation-strategy.pdf

⁷ <https://www.industry.gov.au/publications/list-critical-technologies-national-interest>

⁸ <https://foresight-journal.hse.ru/data/2015/10/01/1073838115/4-%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%8F-54-67.pdf>

⁹ https://www.kistep.re.kr/boardDownload.es?bid=0046&list_no=35988&seq=8230

¹⁰ https://www.kistep.re.kr/board.es?mid=a20401000000&bid=0046&act=view&list_no=42923

цифрового переходов в новом геополитическом контексте»¹¹. В нем представлены результаты форсайт-проекта, посвященного изучению роли существующих и новых технологий в достижении Евросоюзом климатической нейтральности к 2050 г. Проект был выполнен Институтом перспективных технологических исследований Европейской Комиссии. В созданных в рамках проекта междисциплинарных экспертных группах приняли участие более 200 ученых, представителей гражданского общества, органов государственного управления и бизнеса¹².

В проекте анализируется возможность комбинирования «зеленого» и цифрового переходов (двойной переход), взаимосвязей и противоречий между ними, возможные синергетические позитивные эффекты, а также будущие риски. Значительное внимание уделяется экономическим, социальным и политическим факторам, влияющим на эти два перехода, и мерам, необходимым для эффективного управления ими.

С учетом анализа основных эмитентов парниковых газов в качестве ключевых задач для формирования климатически нейтральной и ресурсосберегающей экономики в ЕС были выделены: развитие экологичного и умного сельского хозяйства, цифровизация сферы энергетики, экологизация зданий, использование более экологичного транспорта, снижение выбросов газов в промышленности. В результате их решения к 2050 г. предполагается сформировать климатически нейтральную экономику, снизить уровень загрязнения, увеличить биоразнообразие и природный капитал, повысить качество жизни людей.

Существующие и возникающие цифровые технологии (искусственный интеллект, цифровые близнецы, квантовые технологии и др.) обладают значительным потенциалом для реализации поставленных ключевых задач двойного перехода. Благодаря их применению предлагается обеспечить поддержку десяти критических областей действий, которые необходимы для усиления возможностей и минимизации рисков, связанных с взаимодействием «зеленого» и цифрового переходов¹³. Среди них – укрепление устойчивости и стратегической автономии в секторах, важных для двойного перехода, стратегическое управление поставками критически важных материалов и товаров, усиление глобального подхода к установлению стандартов, стимулирование дополнительных инвестиций в новые технологии и инфраструктуру и ряд других мер, связанных с обучением и поддержкой мобильности рабочей силы.

В докладе «Возможности и свобода действий ЕС» за 2021 г.¹⁴ представлен комплексный анализ важнейших тенденций, которые будут определять развитие ЕС до 2050 г., включая изменение климата, технологические преобразования, воздействие на демократические процессы и ценностные установки, перемены в глобальном порядке и демографии. В нем определены десять ключевых направлений деятельности для обеспечения глобального лидерства ЕС на основе достижений науки и технологий, включая производство декарбонизированной и доступной энергии; укрепление потенциала в области управления данными, искусственного интеллекта и передовых технологий; активное использование космического пространства и обеспечение безопасности.

Возникающие тренды и технологии: сканирование горизонтов для глобального общественного здравоохранения ВОЗ (2022)

Всемирной организацией здравоохранения уделяется значительное внимание достижениям науки и технологий, перспективным для профилактики, диагностики и лечения заболеваний. В данном проекте, выполненном в 2022 г. междисциплинарной группой международных экспертов методом сканирования горизонтов, были изучены перспективные технологии, имеющие отношение к глобальному общественному здравоохранению¹⁵. Всего были определены 15 новых технологий и научных достижений, которые могут оказать значительное влияние на здоровье населения мира в течение следующих двух десятилетий.

Выделенные приоритеты были классифицированы по 5-летним временным интервалам согласно ожидаемому времени их практической реализации. Среди наиболее значимых технологий в интервале до 5 лет - машинное обучение для поиска антибиотиков, различные приложения для скрининга заболеваний, стандартизированный биобанкинг, доказательная медицина на основе

¹¹ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight/2022-strategic-foresight-report_en

¹² <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129319>

¹³ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight/2022-strategic-foresight-report_en

¹⁴ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight/2021-strategic-foresight-report_en

¹⁵ <https://www.who.int/publications/i/item/9789240044173>

реальных данных; от 6 до 10 лет - биосенсорная диагностика, системы поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта, генно-инженерная фаговая терапия, цифровое здравоохранение; более 10 лет – телемедицина, как превалирующий способ оказания медицинской помощи, терапия на основе анализа и модификации микробиома. Например, системы поддержки принятия врачебных решений с использованием в режиме реального времени нейросетей на основе уникальных данных о больных и здоровых людях способны давать более точные данные о предварительных диагнозах и предлагать оптимальные планы лечения. Многие из выделенных технологий сильно связаны между собой и прогресс в реализации одних из них будет иметь позитивные последствия для других.

Обзор технологических трендов консалтинговой компании McKinsey & Company (2022)

В 2022 г. консалтинговая компания McKinsey & Company выпустила свой второй «Обзор технологических трендов», направленный на демонстрацию возможностей использования современных технологий¹⁶. В его подготовке приняли участие более 100 международных экспертов¹⁷, включая ученых и представителей бизнес-сообщества. Сотрудники компании совместно с этой группой, основываясь на результатах предыдущего исследования, определили и интерпретировали 14 трендов, а для оценки их развития были собраны данные по пяти показателям: запросы в поисковых системах, новостные публикации, патенты, исследовательские публикации и данные по инвестициям. В свою очередь, тренды были разделены на две тематические группы: «Силиконовый век» и «Инженерия будущего».

К первой группе относятся цифровые и IT-технологии, некоторые из них приведены ниже: прикладной искусственный интеллект, набравший самый высокий балл по инновациям из всех трендов (среди основополагающих технологий в этой области можно отметить компьютерное зрение, обработку естественного языка, графики знаний и т.д.); технологии иммерсивной реальности (пространственные вычисления, смешанная, дополненная и виртуальная реальности); квантовые технологии (квантовые вычисления – ускорение вычислений по сравнению с обычными компьютерами, квантовые коммуникации – защищенное соединение через квантовое шифрование, квантовое зондирование - измерение различных физических величин с высокой чувствительностью).

К группе «Инженерия будущего» отнесены инженерно-физические технологии в таких областях, как: биоинженерия (биомолекулы, биосистемы, интерфейсы биомашин и биокомпьютеры); чистая энергетика (среди 14 трендов этот тренд вызывает наибольший интерес у инвесторов); мобильность (автономные технологии, технологии подключения транспортных средств, технологии электрификации, интеллектуальные решения в области мобильности); космические системы; устойчивое потребление (минимизация эмиссии углерода, снижение объемов отходов, повторное использование и переработка ресурсов, использование био- и разлагаемых материалов, организация нетоксичных производств).

10 «прорывных» технологий Массачусетского технологического института (2023)

Массачусетский технологический институт ежегодно отбирает 10 «прорывных» технологий, которые окажут значимое влияние на жизнь человека¹⁸. Большая часть из них относится к сфере биотехнологий и медицины (CRISPR-технологии для лечения высокого уровня холестерина; таблетки для прерывания беременности, применяемые под удаленным наблюдением; органы «по требованию»; анализ древней ДНК), а также ИКТ и роботизированных систем (ИИ, преобразующие текст в изображение; новые чипы, открытого стандарта; военные дроны массового использования). Помимо этого, в перечень вошли технологии электротранспорта, утилизация аккумуляторов и космический телескоп Джеймс Уэбб.

Технологи редактирования генома (CRISPR) могут использоваться для лечения высокого уровня холестерина. Ученые теперь могут заменить одно основание ДНК на другое. В будущем может появиться возможность добавить в свой генетический код гены, которые, как считается, защищают от высокого кровяного давления или определенных заболеваний.

¹⁶ <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20top%20trends%20in%20tech%202022/mckinsey-tech-trends-outlook-2022-full-report.pdf>

¹⁷ <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/latest-mckinsey-tech-outlook-identifies-14-key-trends-for-business-leaders>

¹⁸ <https://www.technologyreview.com/2023/01/09/1066394/10-breakthrough-technologies-2023/>

Ежегодно во всем мире проводится около 130 тыс. операций по пересадке органов, но гораздо больше людей умирают в ожидании. Решить эту проблему помогут органы «по требованию»: в будущем станет возможным выращивать целые органы, подходящие для конкретного пациента, на базе стволовых клеток или технологий биопринтинга.

Модели искусственного интеллекта, преобразующие текст в изображение, сейчас внедряются в коммерческое программное обеспечение, например, Photoshop. Благодаря этим технологиям станет возможным снимать фильмы, просто загрузив сценарий в компьютер.

В связи с ростом спроса на электромобили увеличивается и спрос на литий-ионные аккумуляторы. Однако запасы металлов, необходимых для их изготовления, уже на исходе. Новые технологии утилизации использованных аккумуляторов позволяют увеличить объемы извлекаемых металлов (до 100% кобальта и никеля и более 80% лития).

Резюме

Представленные выше проекты иллюстрируют возможности применения Форсайта для идентификации научно-технологических приоритетов и определения важнейших направлений обеспечения глобального лидерства и высокого уровня конкурентоспособности странами – лидерами мировой экономики на основе современных достижений науки и технологий.

Результаты сравнительного анализа приоритетных направлений научно-технологического развития приведены в таблице 1.

Табл. 1. Приоритетные направления современного научно-технологического развития
(приведены направления, указанные в не менее двух проектах)

	США	Велико- британия	Республика Корея	ЕС	McKinsey	MIT
Искусственный интеллект	+	+	+	+	+	+
Передовые вычисления	+	+	+	+	+	
Квантовые информационные технологии	+	+	+	+	+	
Технологии иммерсивной реальности	+				+	
Телекоммуникационные и сетевые технологии	+	+	+		+	
Полупроводники и микроэлектроника	+	+	+			+
Передовое производство и материалы	+	+	+	+		
Автономные системы и робототехника	+	+	+			+
Космические технологии и системы	+			+	+	+
Энергетические и экологические технологии	+	+	+	+	+	+
Биотехнологии, биоинженерия, медицина	+	+	+	+	+	+

Источник: анализ ИСИЭ НИУ ВШЭ

Наибольшее внимание в современных форсайт-исследованиях уделяется информационно-коммуникационным технологиям (искусственный интеллект, передовые вычисления, квантовые технологии и др.), передовым производственным, энергетическим и экологическим технологиям, а также биотехнологиям и технологиям биоинженерии, от которых ожидаются максимальные социально-экономические эффекты в средне-и долгосрочной перспективе.

Комментирует Александр Чулок, д.э.н., директор Центра научно-технологического прогнозирования ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

За прошедшее десятилетие научно обоснованный Форсайт стал визитной карточкой развитых и развивающихся стран, регионов и городов-лидеров, ведущих компаний, демонстрирующих высокий уровень конкурентоспособности и устойчивости. Масштабы его применения разрослись от отдельных стран, компаний, научных центров мирового уровня, лабораторий до союзов и объединений стран (ЕС, БРИКС, ЕАЭС). Инструментарий форсайт-исследований обогатился методами и подходами, применяемыми в традиционном прогнозировании, включая макроэкономическое и отраслевое, сценарировании, социологии и маркетинге, стратегическом менеджменте, эконометрике и психологии. Для многих лиц, принимающих решения на национальном или корпоративном уровнях, Форсайт стал обычной практикой – регулярно проводимым исследованием, часто предваряющим разработку стратегических документов.

Среди самих исследователей и заказчиков Форсайта, и это демонстрирует проведенный анализ, за последние годы возник негласный консенсус относительно того, по каким направлениям развития науки и технологий, стоит строить будущее: во всех исследованных докладах в том или ином виде упоминаются новые материалы, ИИ, робототехника, климатическая повестка и т.д. Можно сказать, что технологические пакеты, определяющие наше будущее на 10-15 лет, уже известны. И главный вопрос, который сейчас стоит в центре внимания мировых держав и России: «Кто первый сможет их освоить?». У этого исторического по своей значимости вызова есть как минимум два измерения: национальная готовность, адаптивность к быстрым изменениям и кадры, готовые их проводить.

По данным опроса, крупных и средних компаний, который ИСИЭЗ НИУ ВШЭ проводил вместе с Ассоциацией менеджеров в 2022 году, 69% респондентов считают, что сокращение темпов инновационного развития в России, обратная индустриализация и усиление разрывов в научной повестке между нашей страной и миром может стать самой серьезной угрозой для развития их бизнеса в ближайшее 5 лет. Я вижу в этих результатах открытое окно возможностей для плотной, эффективной работы наших ученых, представителей центров компетенций, компаний по ускоренному формированию будущего на базе научно обоснованного Форсайта, который с учетом лучших мировых практик и богатого отечественного опыта смог бы обеспечить технологический суверенитет России и реализацию положений, заложенных в Концепции технологического развития, утвержденной 20 мая 2023 года.



Обзор подготовлен в рамках стратегического проекта НИУ ВШЭ «Национальный центр научно-технологического и социально-экономического прогнозирования».

Источники: официальные сайты и доклады органов власти, фондов и других организаций США, Великобритании, республики Корея, Европейского Союза, ВОЗ, консалтинговой компании McKinsey & Company.

■ Авторы: С.А. Шашнов, А.Ю. Шашков, А.В. Соколов

Данный материал НИУ ВШЭ может быть воспроизведен (скопирован) или распространен в полном объеме только при получении предварительного согласия со стороны НИУ ВШЭ (обращаться ptebin@hse.ru). Допускается использование частей (фрагментов) материала при указании источника и активной ссылки на интернет-сайт ЦКЕМИ НИУ ВШЭ (cceis.hse.ru), а также на авторов материала. Использование материала за пределами допустимых способов и/или указанных условий приведет к нарушению авторских прав.