

УДК 620.92

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-11-1394-1399>

## Инструменты повышения эффективности для дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Водородная энергетика»

Владимир Владимирович Емельянов

Российский государственный социальный университет, Москва, Россия, [emeliyanov.vladimir@gmail.com](mailto:emeliyanov.vladimir@gmail.com)

### Аннотация

**Цель.** Разработка научно обоснованных инструментов, позволяющих повысить эффективность дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Водородная энергетика».

**Задачи.** Оценить соответствие типового паспорта дорожной карты высокотехнологичного направления задачам развития направления «Водородная энергетика»; проанализировать влияние особенностей направления «Водородная энергетика» на требования к дорожной карте; предложить инструменты для учета особенностей направления «Водородная энергетика» в дорожной карте.

**Методология.** Исследование проведено на основе совокупности общенаучных методов (системного анализа, метода диалектического познания и др.).

**Результаты.** Показана необходимость в дополнительном функционале и инструментарии для дорожной карты «Водородная энергетика», так как направление предполагает развитие эко-системы продуктов, основанных на нескольких взаимосвязанных и конкурирующих технологиях. Посредством анализа особенностей направления «Водородная энергетика» предложено пять инструментов для повышения эффективности и снижения рисков.

**Выводы.** Внедрение предложенных пяти инструментов повысит эффективность и снизит риски для дорожной карты «Водородная энергетика» за счет учета структуры направления, уровня готовности технологий и ресурсных ограничений.

**Ключевые слова:** водородная энергетика, методология, дорожная карта, управление программами, инновации, высокотехнологическое направление, поддержка инновационного развития

**Для цитирования:** Емельянов В. В. Инструменты повышения эффективности для дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Водородная энергетика» // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29. № 11. С. 1394–1399. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-11-1394-1399>

## Efficiency improvement tools for the roadmap of development of the high-tech direction “Hydrogen Energy”

Vladimir V. Emelyanov

Russian State Sociological University, Moscow, Russia, [emeliyanov.vladimir@gmail.com](mailto:emeliyanov.vladimir@gmail.com)

### Abstract

**Aim.** Development of scientifically substantiated tools to increase the efficiency of the roadmap for the development of the high-tech direction “Hydrogen Energy”.

**Objectives.** To evaluate the conformity of the standard passport of the road map of the high-tech direction to the tasks of the development of the direction “Hydrogen Energy”; to analyze the influence of the features of the direction “Hydrogen Energy” on the requirements to the

© Емельянов В. В., 2023

road map; to propose tools to take into account the features of the direction “Hydrogen Energy” in the road map.

**Methods.** The research was conducted on the basis of a set of general scientific methods (system analysis, method of dialectical cognition, etc.).

**Results.** The need for additional functionality and tools for the roadmap “Hydrogen Energy” is shown, as the direction implies the development of an ecosystem of products based on several interrelated and competing technologies. By analyzing the features of the Hydrogen Energy roadmap, five tools are proposed to improve efficiency and reduce risks.

**Conclusions.** The implementation of the proposed five tools will improve efficiency and reduce risks for the Hydrogen Energy roadmap by considering the structure of the direction, technology readiness level, and resource constraints.

**Keywords:** *hydrogen energy, methodology, roadmap, program management, innovation, high-tech direction, innovative development support*

**For citation:** Emelyanov V.V. Efficiency improvement tools for the roadmap of development of the high-tech direction “Hydrogen Energy”. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(11):1394-1399. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-11-1394-1399>

## Введение

В условиях ужесточения санкций, после 2022 г., Российской Федерации (РФ) критически важно обеспечить технологический суверенитет и заложить потенциал для роста и лидерства на формирующихся высокотехнологических рынках.

В настоящее время в России в рамках соглашения о намерениях между Правительством РФ и публичным акционерным обществом «Газпром» и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» осуществляется разработка дорожной карты развития в высокотехнологической области «Водородная энергетика». Развитие направления «Водородная энергетика» играет важную роль в ответе на современные энергетические и экологические вызовы. Водород обладает потенциалом стать чистым и эффективным источником энергии, который не только снижает выбросы углекислого газа и зависимость от ископаемых видов топлива, но и способствует диверсификации энергетики. По оценке компании McKinsey & Company, по состоянию на первую половину 2021 г. в мире заявлено 359 проектов в области водородной энергетики с общим объемом инвестиций около 500 млрд долл. США [1].

Одним из главных инструментов стимулирования развития технологических и инновационных направлений в России служит реализация дорожных карт. Этот инструмент играет ключевую роль в развитии технологических направлений в стране, обеспечивая структурированный план

действий, ориентированный на потребности экономики и государства и обеспеченный государственным финансированием. Наполнение дорожной карты, достаточность ресурсов, эффективность ее мониторинга и корректировки влияют на достижение поставленных задач по развитию новых продуктов и технологий, достижение технологического суверенитета и рост высокотехнологических отраслей.

В настоящей статье рассмотрим инструменты, способствующие повышению эффективности дорожной карты «Водородная энергетика».

## Подходы к разработке дорожных карт

Первая формальная статья о разработке технологических дорожных карт опубликована в 1987 г. Полноценное развитие в литературе эта проблематика получила с 2004 г. Выработанные подходы к технологическим дорожным картам можно разделить на три поколения [2]:

1) первое — продуктовые технологические дорожные карты, которые обеспечивают непрерывное развитие продуктовой платформы, связанной с существующими продуктами на базе одной корневой технологии. Пример корневой технологии — технология изготовления транзисторов для интегральных микросхем;

2) второе — технологические дорожные карты, обеспечивающие развитие и коммерциализацию новых технологий. Прогнозирование коммерциализации новых технологий в основном осуществляется за счет анализа

жизненного цикла рассматриваемых новых технологий и текущих базовых корневых технологий. На базе этого анализа предсказывается потенциальная точка перехода к новым технологиям;

3) третье — технологические дорожные карты для инновационных продуктов, основанных на нескольких взаимосвязанных и/или конкурирующих корневых технологиях. На практике такие инновационные продуктовые платформы создают без жесткой заранее заданной архитектуры продуктовой платформы, описывающей взаимодействие между корневыми технологиями. В дорожных картах третьего поколения у создаваемой платформы отсутствует единый выделенный архитектор. Чтобы компенсировать его отсутствие, требуется выстраивание широкой сети коммуникаций между компаниями, создающими взаимосвязанные продукты и технологии. Дорожная карта при этом должна доносить до участников ключевые требования к создаваемой продуктовой платформе.

Дорожные карты, в зависимости от завершенности, функциональной полноты и предполагаемых инструментов, можно разделить на четыре уровня [3]:

– уровень 1 — сетевой или календарный график. Дорожная карта фиксирует перечень мероприятий и закрепляет для каждого из них исполнителей, сроки, ресурсы и контрольные показатели. Дорожные карты первого уровня разрабатывают без проведения анализа и учета внешней и внутренней среды, моделирования. Учет взаимосвязей между мероприятиями производится разработчиком субъективно;

– уровень 2 — экспертный прогноз. Дорожная карта содержит прогноз изменения технологии во времени: вехи и связи между ними, но без аналитических обоснований и мероприятий по исполнению;

– уровень 3 — план прохождения вех. Дорожная карта объединяет экспертный прогноз (план прохождения технологией вех) и сетевой график, которые дополняются комплектом поясняющих документов с обоснованиями содержания дорожной карты;

– уровень 4 — план управления по вехам. Дорожная карта соответствует уровню три, а также содержит сценарные развилки, точки и критерии прохождения развилок (принятия управленческих решений). При этом вопросы прохождения развилок могут

быть вынесены в отдельные документы или процессы.

Дорожные карты третьего поколения должны по функциональной полноте и инструментарию соответствовать уровню 4.

### **Анализ типового паспорта дорожной карты развития высокотехнологического направления**

В 2022 г. в России запущена работа по обновлению дорожных карт по развитию высокотехнологичных направлений. Пересмотрены типовые паспорта дорожных карт. Акцент в дорожных картах смещен с исследований на промышленные образцы и появление серийной продукции [4]. Пересмотренный типовой паспорт дорожной карты содержит вводную часть и шесть стандартизированных табличных форм [5].

Вводную часть можно разделить на четыре блока: участники, целевые показатели, финансирование и реализация. В первом блоке указаны реквизиты решения об утверждении дорожной карты и перечислены стороны соглашения, являющегося основанием для разработки дорожной карты, ответственные лица в Правительстве РФ и компаниях, подписавших соглашение, координирующие органы исполнительной власти и ответственных исполнителей с их стороны и решение. Второй блок содержит общие целевые показатели развития направления, структуру направления и целевые показатели для каждого поднаправления. Третий блок включает в себя данные относительно объемов и источников финансирования. В четвертом блоке указаны экспертные организации, осуществляющие независимую научно-технологическую и экономическую экспертизу реализации дорожной карты, а также связи с другим государственными программами РФ.

Форма 1. Продуктовая линейка — технологическая карта — содержит описание высокотехнологичного направления в текстовой форме и табличное описание структуры каждого поднаправления. Поднаправление детализировано до отдельных продуктов и связанных с ними технологий. Для каждого продукта указана ответственная организация, текущий и целевой уровень готовности. Форма 2 содержит показатели и индикаторы развития для каждого поднаправления. Форма 3 включает в себя мероприятия по развитию технологий

и продуктов, обеспечивающих достижение целевого уровня готовности в соответствии с формой 1. Для каждого мероприятия указаны исполнители, верифицирующий федеральный орган исполнительной власти, срок исполнения и ожидаемый результат. Форма 4 предусматривает целевые показатели по развитию стартапов в рамках высокотехнологического направления, а также план мероприятий по развитию экосистемы стартапов. Форма 5 предполагает общие мероприятия по развитию направления в области нормативного регулирования, развития инфраструктуры, кадрового обеспечения, международного сотрудничества и иные. Форма 6 содержит детальную информацию о структуре и источниках финансирования развития направления по годам с детализацией на уровне групп мероприятий.

Технологии водородной энергетики характеризуются низкими уровнями технологической готовности. Ввиду этого существует несколько конкурирующих корневых технологий, которые могут стать основой глобальной продуктовой платформы. Таким образом, для управления развитием этого технологического направления необходима дорожная карта третьего поколения.

Приведенный выше состав типового паспорта развития высокотехнологического направления при наличии дополнительных обосновывающих документов соответствует третьему уровню дорожной классификации и не соответствует третьему поколению технологических дорожных карт. Итак, исходя из проведенного выше анализа, можно заключить, что типовой паспорт дорожной карты высокотехнологического направления должен предусматривать дополнительный функционал и инструментарий.

#### **Влияние особенностей направления «Водородная энергетика» на требования к дорожной карте**

При рассмотрении развития направления «Водородная энергетика» необходимо учитывать его структурные особенности, уровень готовности технологий и ресурсные ограничения. Структурные особенности направления обуславливают базовые взаимосвязи между технологиями. Текущий уровень готовности технологий определяет уровень неопределенности в скорости развития технологий, достижимых технико-экономических характеристик и требуемых для этого ресурсов.

Технологии направления «Водородная энергетика» должны охватывать все процессы цикла: производство водорода, его хранение и перевозку, а также генерацию энергии с применением водорода. В рамках каждого этапа цикла параллельно развиваются несколько технологий, которые выполняют одинаковые функции и конкурируют между собой.

1. Производство водорода из метана:
  - автотермическая конверсия метана;
  - паровая конверсия метана;
  - плазмохимическое разложение метана;
  - каталитическое разложение метана;
  - низкотемпературное плазменно-каталитическое разложение метана;
  - разложение метана в расплавленных металлах.
2. Производство водорода из воды:
  - матричные щелочные электролизеры;
  - проточные щелочные электролизеры;
  - твердооксидные электролизеры;
  - электролизеры с анионообменной мембраной;
  - электролизеры с протонообменной мембраной.
3. Хранение и перевозка водорода:
  - металлгидридное хранение водорода;
  - гидрирование / дегидрирование жидких органических носителей (ЛОНС);
  - аммиачные технологии (разложение аммиака);
  - метанольные технологии хранения водорода;
  - компримирование водорода;
  - сжижение водорода.
4. Генерация энергии:
  - энергоустановки на топливных элементах с протонообменной мембраной;
  - энергоустановки на твердооксидных топливных элементах;
  - энергоустановки на топливных элементах на основе расплавленных карбонатов (MCFC).

Конечной целью развития новых высокотехнологических направлений служит их устойчивое функционирование и развитие в рыночных условиях без преференций со стороны государства для получения преимуществ над традиционными технологиями. Для этого «Водородная энергетика» должна достигнуть экономической конкурентоспособности относительно традиционных технологий (газовой, угольной, атомной энергетики) — более дешевой полной стоимости энергии, учитывающей капитальные

и операционные расходы на протяжении жизненного цикла. Для этого в течение цикла должны быть достигнуты пороговые значения технико-экономических показателей, которые позволят обеспечить низкую полную стоимость энергии для потребителя. Недостижение пороговых значений на одном из этапов цикла приведет к недостижению конкурентоспособности энергетики в целом.

При достижении одной из конкурирующих технологий пороговых значений технико-экономических показателей дальнейшие инвестиции в конкурирующие технологии могут потерять экономический смысл. Целесообразность параллельного развития должна быть определена от пересечения ниш применения технологий, перспектив улучшения параметров технологий, потенциала и достижимости эффекта масштаба, требуемых дополнительных инвестиций и приоритетов государственной промышленной политики.

Ни одна из перечисленных выше технологий направления «Водородная энергетика» не имеет уровня готовности в России выше 7. Большинство технологий имеют уровень готовности 2–5. Это приводит к неопределенности итоговых технико-экономических показателей технологий. К тому же неопределенность может приводить как к переоценке технологий, так и к их недооценке. Стоимостные показатели технологий на ранних стадиях могут быть оценены только индикативно, поскольку до определения конструкции и состава серийных изделий точная оценка эффекта масштаба невозможна.

В рамках развития направления «Водородная энергетика» необходимо учитывать меньший объем доступных ресурсов и отставание по ряду технологий. Россия при самостоятельном развитии технологий имеет меньшие ресурсы, чем развитие страны. В отношении ряда продуктов обнаружено существенное различие между уровнями технологической готовности в России и за рубежом. Например, энергоустановки на твердооксидных топливных элементах в России имеют уровень готовности 3, в то время как в мире доступны серийные коммерческие решения и технология имеет уровень готовности 9.

Достижение конкурентоспособности при меньших доступных ресурсах и необходи-

мости догоняющего развития станет возможным при эффективном выборе приоритетов между направлениями и технологиями. Таким образом, из структурных особенностей направления, уровня готовности технологий и ресурсных ограничений следуют требования к дорожной карте, из которых вытекают соответствующие инструменты:

1. Определение целевого значения полной стоимости энергии и инструменты для его декомпозиции до пороговых значений технико-экономических показателей относительно отдельных этапов цикла (производства, хранения и перевозки водорода; производства энергии).

2. Механизм оценки текущих технико-экономических показателей технологий и диапазона достижимых характеристик.

3. Портфельный подход — инвестиции в несколько конкурирующих технологий с готовностью к недостижению целевых показателей частью из них.

4. Механизм приоритизации технологий при распределении финансирования.

5. Механизм принятия решения об увеличении финансирования технологии и об отказе от дальнейших инвестиций в технологию по мере повышения уровней готовности технологий и снижения неопределенности.

## Выводы

Рассмотрены инструменты, позволяющие повысить эффективность дорожной карты развития высокотехнологического направления «Водородная энергетика» за счет учета структуры направления, уровня готовности технологий и ресурсных ограничений. По результатам анализа предложено пять инструментов.

## Рекомендации

Предложенные инструменты позволяют учитывать структуру направления, уровня готовности технологий и ресурсных ограничений. Данные инструменты могут быть использованы при разработке и реализации дорожной карты направления «Водородная энергетика» для более эффективного распределения ресурсов и снижения рисков недостижения цели создания в России конкурентоспособной «водородной энергетики».

## Список источников

1. Hydrogen insights: An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum in China. Washington, DC: McKinsey & Company, 2021. 10 p. URL: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf> (дата обращения: 14.09.2023).
2. Letaba P., Pretorius M. W., Pretorius L. Analysis of the intellectual structure and evolution of technology roadmapping literature // 2015 Portland International conference on management of engineering and technology (PICMET). (Portland, OR, 02–06 August, 2015). Piscataway, NJ: IEEE, 2015. P. 2248–2254. DOI: 10.1109/PICMET.2015.7273147
3. Логинов М. П. Дорожные карты: понятие, сущность, классификация // Проблемы управления. 2017. № 5. С. 2–17.
4. Правительство перезапускает соглашения с крупнейшими компаниями о развитии отдельных высокотехнологичных направлений // Министерство экономического развития РФ. 2022. 29 декабря. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo\\_perezapuskayet\\_soglasheniya\\_s\\_krupneyshimi\\_kompaniyami\\_o\\_razvitii\\_otdelnyh\\_vysokotekhnologichnyh\\_napravleniy.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo_perezapuskayet_soglasheniya_s_krupneyshimi_kompaniyami_o_razvitii_otdelnyh_vysokotekhnologichnyh_napravleniy.html) (дата обращения: 14.09.2023).
5. Паспорт «дорожной карты» высокотехнологичного направления «Перспективные космические системы и сервисы» на период до 2030 года // Фонд Национальной технологической инициативы. 2023. URL: [https://nti.fund/support/selection/competitive\\_selection/](https://nti.fund/support/selection/competitive_selection/) (дата обращения: 14.09.2023).

## References

1. Hydrogen insights: An updated perspective on hydrogen investment, market development and momentum in China. Washington, DC: McKinsey & Company; 2021. 10 p. URL: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf> (accessed on 14.09.2023).
2. Letaba P., Pretorius M.W., Pretorius L. Analysis of the intellectual structure and evolution of technology roadmapping literature. In: 2015 Portland Int. conf. on management of engineering and technology (PICMET). (Portland, OR, 02-06 August, 2015). Piscataway, NJ: IEEE; 2015:2248-2254. DOI: 10.1109/PICMET.2015.7273147
3. Loginov M.P. Road maps: Concept, essence, classification. *Problemy upravleniya = Control Sciences*. 2017;(5):2-17. (In Russ.).
4. The government is relaunching agreements with major companies on the development of certain high-tech areas. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Dec. 29, 2022. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo\\_perezapuskayet\\_soglasheniya\\_s\\_krupneyshimi\\_kompaniyami\\_o\\_razvitii\\_otdelnyh\\_vysokotekhnologichnyh\\_napravleniy.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvo_perezapuskayet_soglasheniya_s_krupneyshimi_kompaniyami_o_razvitii_otdelnyh_vysokotekhnologichnyh_napravleniy.html) (accessed on 14.09.2023). (In Russ.).
5. Passport of the “road map” of the high-tech direction “Advanced space systems and services” for the period up to 2030. National Technology Initiative Foundation. 2023. URL: [https://nti.fund/support/selection/competitive\\_selection/](https://nti.fund/support/selection/competitive_selection/) (accessed on 14.09.2023). (In Russ.).

### Сведения об авторе

Владимир Владимирович Емельянов

аспирант кафедры информационных технологий,  
искусственного интеллекта и общественно-  
социальных технологий цифрового общества

Российский государственный социологический  
университет

129226, Москва, Вильгельма Пика ул., д. 4

Поступила в редакцию 18.09.2023  
Прошла рецензирование 19.10.2023  
Подписана в печать 27.11.2023

### Information about the author

Vladimir V. Emelyanov

postgraduate student at the Department  
of Information Technologies, Artificial Intelligence  
and Social Technologies of Digital Society

Russian State Sociological University

4 Wilhelm Pik st., Moscow 129226, Russia

Received 18.09.2023  
Revised 19.10.2023  
Accepted 27.11.2023

**Конфликт интересов:** автор декларирует отсутствие конфликта интересов,  
связанных с публикацией данной статьи.

**Conflict of interest:** the author declares no conflict of interest  
related to the publication of this article.