

DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-1-3

EDN: MDNZPI

JEL Classification: O14, M11, L53

Тематическое моделирование патентных ландшафтов как инструмент стратегического форкастинга промышленных компаний

Л.В. Матраева, Е.С. Васютина

МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, РФ

Аннотация. Стратегическое управление промышленными компаниями сталкивается с разрывом между декларативными технологическими приоритетами и практической способностью преобразовывать внешние технологические сигналы в решения по портфелю исследований и разработок, инвестициям и дорожным картам. Статья посвящена формированию интегрированной методики техномайнинга, которая позволяет превратить анализ патентных данных в инструмент стратегического форкастинга. Методологическую основу исследования составили положения концепции техномайнинга как инструмента интеграции текстового анализа и стратегического управления технологиями, методология технологического дорожного картирования в логике многоуровневой архитектуры «рынок – продукт – технология», а также модель уровней технологической готовности (TRL), применяемая для оценки степени зрелости технологических решений. В качестве методов использованы тематическое моделирование (LDA) патентного корпуса, качественная интерпретация и многокритериальное ранжирование технологических ниш, а также контент-анализ формулировок патентных текстов для косвенной оценки зрелости решений. Информационная база включает патентные документы международной системы WIPO PatentScope по микрородорослевым технологиям. Выявлены 11 тематических кластеров, структурированных вокруг ядра создания ценности (производство биомассы и биотоплива), а также определены инфраструктурные направления, точки роста и слепые зоны отрасли. Установлено, что из пяти направлений дорожной карты наибольшая зрелость и коммерческий потенциал характерны для интегрированных решений (биоремедиация, утилизация CO₂). Предложенная карта увязывает результаты патентной аналитики с приоритизацией НИОКР и инвестиционных решений на кратко-, средне- и долгосрочных горизонтах.

Ключевые слова: стратегическое управление; техномайнинг; патентная аналитика; технологический форсайт; технологическая дорожная карта; управление инновациями; приоритизация НИОКР; технологическая зрелость.

Информация о статье: поступила 18 ноября 2025 г.; доработана 14 января 2026 г.; одобрена 22 января 2026 г.

Ссылка для цитирования: Матраева Л.В., Васютина Е.С. (2026). Тематическое моделирование патентных ландшафтов как инструмент стратегического форкастинга промышленных компаний // Управленец. Т. 17, № 1. С. 31–46. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-1-3. EDN: MDNZPI.

Topic modelling of patent landscapes as a tool for strategic forecasting in industrial companies

L.V. Matraeva, E.S. Vasiutina

MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

Abstract. Industrial companies' strategic management increasingly faces a gap between declared technology priorities and the practical capability to convert external technological signals into decisions on R&D portfolios, investment allocation, and technology roadmaps. This study develops a comprehensive tech mining approach that turns patent analytics into an operational tool for strategic forecasting. The methodological basis combines the principles of the tech mining concept as an instrument for integrating text analysis with strategic technology management, technology roadmapping structured according to the multi-level architecture of "market–product–technology", as well as the technology readiness level (TRL) model used to assess the maturity of technological solutions. Among the research methods are topic modelling (LDA) of a patent corpus, qualitative interpretation, multi-criteria ranking of technological niches, and content analysis of patent wording to infer technology maturity when direct stage information is unavailable. The evidence base comprises patent documents from the WIPO PatentScope database related to microalgae-based technologies. The study identifies 11 thematic clusters structured around the value creation core (biomass and biofuel production) and establishes infrastructure areas, growth points, and blind spots of the industry. Of five areas of the roadmap, the greatest maturity and commercial potential are characteristic of integrated solutions (bioremediation, CO₂ utilization). The proposed map links the results of patent analytics with R&D prioritization and investment decisions over short, medium, and long terms.

Keywords: strategic management; tech mining; patent analytics; technology foresight; technology roadmap; innovation management; R&D prioritization; technology maturity.

Article info: received November 18, 2025; received in revised form January 14, 2026; accepted January 22, 2026

For citation: Matraeva L.V., Vasiutina E.S. (2026). Topic modelling of patent landscapes as a tool for strategic forecasting in industrial companies. *Upravlenets / The Manager*, vol. 17, no. 1, pp. 31–46. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-1-3. EDN: MDNZPI.

ВВЕДЕНИЕ

Центральным требованием действующей Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации¹ является формирование опережающей модели инновационного развития, способной выявлять и осваивать перспективные направления до того, как они станут предметом глобальной конкуренции. Этот документ ознаменовал переход от тактики импортозамещения к стратегии технологического суверенитета, в которой промышленные компании перестают быть пассивными исполнителями государственных заказов и становятся активными участниками технологической трансформации. Их роль теперь заключается не только в производстве, но и в формировании собственной технологической повестки, способной обеспечить устойчивое конкурентное преимущество. Однако на практике, в условиях стремительного технологического прогресса, глобальной конкуренции и растущих требований устойчивости бизнеса, стратегическое управление промышленными компаниями сталкивается с фундаментальным противоречием между декларируемым стремлением к лидерству и реальной способностью управлять сложными НИОКР-процессами. Как показывают исследования, до 90 % корпоративных стратегий не достигают поставленных целей из-за их неэффективной реализации [Березной, Снегирев, 2023]. Причина этого часто заключается не столько в недостатке финансирования или кадровых ресурсов, сколько в отсутствии эффективной системы преобразования изменений во внешней технологической среде в конкретные управленческие решения, формирующие стратегическое направление развития компании.

В свою очередь неспособность организации своевременно реагировать на новые технологические сигналы превращается в хронический источник системного риска и подрывает долгосрочную устойчивость самого бизнеса. В сложившихся условиях технологический форкастинг перестает быть инструментом прогнозирования будущего и становится ключевым элементом стратегического управления, обеспечивающим преемственность между высшим уровнем планирования и проектами НИОКР [Васильева, 2019; Березной, Снегирев, 2023].

Цель работы заключается в разработке и обосновании интегрированной методики (алгоритма), которая трансформирует тематическое моделирование патентных ландшафтов из аналитической техники в инструмент стратегического управления промышленной компанией.

Для реализации поставленной цели в статье решаются следующие задачи:

- сформировать на основе патентных данных доказательную процедуру техномайнинга, обеспечивающую выделение ключевых технологических направлений и их интерпретацию для целей стратегического менеджмента;
- выявить и структурировать технологический ландшафт микроводородослевых технологий с использованием тематического моделирования и сопутствующих методов ранжирования/интерпретации результатов;
- оценить технологическую зрелость выявленных направлений посредством формализованного контент-анализа патентных текстов;
- трансформировать результаты анализа в управленческий артефакт – технологическую дорожную карту, пригодную для приоритизации НИОКР и инвестиционных решений на разных горизонтах планирования.

Предлагаемая методика представляет универсальный подход к формированию технологической повестки, способный повысить эффективность R&D-деятельности и обеспечить долгосрочную конкурентоспособность в условиях технологической гонки. Хотя исследование ориентировано прежде всего на задачи корпоративного стратегического управления, полученные результаты и предложенная процедура могут использоваться и в отраслевом контуре технологического планирования при обосновании приоритетов поддержки и координации НИОКР.

В отличие от существующих исследований, которые часто ограничиваются описанием технологических трендов или фокусируются на тактическом применении патентной аналитики, в статье предложена интегрированная модель, где LDA-анализ выступает не просто как средство классификации, а как центральный процесс формирования технологической дорожной карты.

Апробация алгоритма была проведена на примере технологического ландшафта цепочки микроводородослевых технологий как одного из ключевых сегментов биоэкономики, демонстрирующего высокий потенциал в производстве биотоплива, утилизации CO₂ и создании биоразлагаемых материалов, который, однако, сталкивается с системными барьерами масштабирования и коммерциализации [Титова, Шишкин, 2023]. В этих условиях стратегический форкастинг, основанный на патентной аналитике, становится не просто инструментом мониторинга, но также механизмом выявления технологических узких мест и формирования государственной и корпоративной повестки.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В научной литературе по управлению инновациями и технологическому форсайту усиливается интерес к методам, позволяющим извлекать управленчески

¹ О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145.

значимую информацию из массивов научно-технических данных. При этом акцент смещается от описательного мониторинга показателей инновационной активности к аналитике смыслового содержания патентов и выявлению скрытых технологических закономерностей. В связи с этим особую значимость приобретает методология техномайнинга (Tech Mining), предложенная А. Портером и С. Каннингемом [Porter, Cunningham, 2005; Porter, 2005], позволяющая использовать маркеры инновационной динамики для принятия стратегических решений. Основная идея техномайнинга (первого элемента триады разработанной модели) заключается в переходе от пассивного мониторинга к активному анализу внешних технологических сигналов. В отличие от традиционных методов, он не ограничивается количественным учетом активности, а использует инструменты статистического и семантического анализа для выявления скрытых трендов, технологических паттернов, взаимосвязей между направлениями и динамики развития [Tseng, Lin, Lin, 2007; Chakraborty, Byshkin, Crestani, 2020].

Методологически важным элементом такого семантического контура выступает тематическое моделирование, в частности метод LDA (Latent Dirichlet Allocation), описанный Д. Блеем и др. [Blei, Ng, Jordan, 2003], поскольку он позволяет переводить массив патентных текстов в управляемые «темы» и технологические кластеры.

В связи с этим особое значение приобретают патентные базы как стратегический ресурс технологической разведки: по оценкам Европейского патентного ведомства, значительная доля мирового технического знания раскрывается в патентных документах¹. Прикладные исследования С. Юй и Х. Чжан с соавт. демонстрируют результативность интеграции LDA-аналитики с задачами технологического прогнозирования и стратегического планирования: подход позволяет не ограничиваться фиксацией текущих трендов, а переходить к прогнозированию их эволюции и поддержке выбора стратегических траекторий [Yu, Zhang, 2019; Zhang, Daim, Zhang, 2021].

В последние годы анализ патентных ландшафтов оформился в самостоятельное направление прикладной аналитики, используемое для обоснования технологических приоритетов, оценки конкурентной среды и поддержки принятия решений в R&D и инновационной политике. На практике широко используются руководства и лучшие практики, предлагаемые международными организациями (в частности, WIPO²), где патентный ландшафт трактуется как инструмент, ориентированный на конкретный управленческий цикл

и формализованную постановку исследовательского вопроса [Trippe, 2015]. В отечественной литературе накоплен значимый опыт прикладного построения патентных ландшафтов и выявления технологических трендов (в том числе в форме сервисов и отраслевых кейсов), что подтверждает востребованность данного инструментария для обоснования технологической стратегии и приоритетов [Митрошин, 2021; Михайлова, Тимошук, Горелкина, 2023; Костина, Обухова, 2025].

Однако для промышленной компании одного выявления трендов недостаточно: необходим второй элемент триады – оценка зрелости и управляемости технологических решений. Эту роль выполняет концепция TRL/TRA, развиваемая Дж. Манкинсом [Mankins, 1995, 2009], она задает шкалу технологической зрелости и позволяет сопоставлять темы/кластеры с уровнем готовности к внедрению, снижая технологические и инвестиционные риски при формировании портфеля НИОКР.

Технологические дорожные карты (Technology Roadmaps), которые могли бы стать мостом между уровнями «тема/кластер – зрелость – управленческое решение», нередко разрабатываются без опоры на объективные данные, что снижает их достоверность и ценность. При этом практическое применение дорожных карт сдерживается дефицитом стандартизированных процедур их построения и синхронизации слоев «рынок – продукт – технология». В классической трактовке дорожного картирования Р. Фаала, К. Фаррух и Д. Проберта, инструмент выступает не статичным артефактом, а гибкой системой стратегического планирования, ценность которой определяется прозрачной логикой построения и регулярным обновлением [Phaal, Farrukh, Probert, 2004]. Это подводит к третьему элементу триады – формализованной архитектуре дорожной карты, в которую системно встраиваются объективные данные техномайнинга (тематические патентные ландшафты) и оценки зрелости (TRL/TRA), обеспечивая связку «выявление направлений – оценка готовности – выбор приоритетов и окон инвестирования».

Кроме того, современные технологические вызовы, связанные с фрагментацией цепочек создания стоимости и ростом стоимости разработок, усиливают потребность в межорганизационной координации. В рамках логики открытых инноваций Г. Чесбро и модели «тройной спирали» Г. Эцковица и Л. Лейдесдорфа дорожные карты рассматриваются как согласующая платформа взаимодействия компаний, университетов и лабораторий, позволяющая синхронизировать НИОКР, стандартизацию и снизить риск «слепых инвестиций» [Etzkowitz, Leydesdorff, 2000; Chesbrough, 2003].

Таким образом, можно констатировать, что в существующих исследованиях нередко наблюдается раз-

¹ European Patent Office. European patents and the grant procedure. 2022. https://link.epo.org/web/european_patents_and_the_grant_procedure_2022_en.pdf.

² World Intellectual Property Organization – Всемирная организация интеллектуальной собственности.

рыв между семантическим извлечением тем/кластеров из патентных текстов и последующей управленческой «приземленностью» результатов: либо анализ остается преимущественно описательным, либо тематическое моделирование используется главным образом для фиксации трендов без формализованной увязки с оценкой зрелости технологий и инструментами планирования. Именно этот методологический разрыв и обуславливает значимость предложенной в статье интегрированной методики, которая, во-первых, формирует воспроизводимый семантический контур на основе LDA, во-вторых, дополняет его процедурами косвенной оценки зрелости (TRL) и, в-третьих, переводит результаты в формат технологической дорожной карты как инструмента стратегического форкастинга.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование основано на концепции техномайнинга, объединяющего количественные и качественные методы для изучения технологических тенденций в целях поддержки стратегических решений в области НИОКР. Новизна исследования заключается в методологическом синтезе, который объединяет тематическое моделирование патентных ландшафтов, оценку зрелости технологий (TRL) и построение технологических дорожных карт в единую систему стратегического форкастинга. Алгоритм реализации авторской методики техномайнинга представлен в табл. 1.

На первом этапе с помощью LDA-анализа выявляются как доминирующие, так и зарождающиеся технологии, что дает возможность ранжировать перспективные направления разработок. Последующая оценка их зрелости позволяет определить коммерческий потенциал и сроки возможного внедрения, трансформируя

абстрактные тренды в конкретные проекты НИОКР. Визуализация этих данных в виде технологической карты обеспечивает наглядное представление траекторий развития и взаимосвязей между технологиями, что критически важно для координации деятельности подразделений и управления портфелем инноваций. Таким образом, интеграция этих методов создает инструмент, способный обеспечить обоснованный выбор приоритетов для инвестиций в НИОКР.

Принятая логика анализа (краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный горизонты) согласуется с практикой разработки прогнозов социально-экономического развития, применяемой в российской системе стратегического планирования, и облегчает интеграцию технологических выводов в макро- и отраслевые сценарии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с предложенным подходом результаты работы представлены поэтапно и отражают последовательность выполнения аналитического алгоритма: от формирования исходной базы данных до выделения тематических кластеров, оценки технологической зрелости и трансляции выводов в структуру технологической дорожной карты. В качестве предметной области выбраны технологии культивирования водорослей и получения биомассы/биотоплива как перспективное направление биоэкономики, где задачи декарбонизации и ресурсной эффективности сочетаются с высокой технологической неопределенностью и конкурентностью, что делает патентный ландшафт показательным для анализа. Каждый этап фиксирует применяемые процедуры и получаемые промежуточные результаты, обеспечивая воспроизводимость анализа.

Таблица 1 – Алгоритм реализации авторской методики техномайнинга
Table 1 – Workflow for implementing the authors' tech mining method

Этап	Подэтап	Цель	Методы
1. Формирование корпуса патентов	1.1. Семантический поиск и очистка. 1.2. Лингвистическая предобработка	Создание релевантного массива документов по микроводорослевым технологиям	Удаление дубликатов и нерелевантных документов; лингвистическая предобработка
2. Выявление технологических ниш	2.1. LDA-моделирование. 2.2. Качественная интерпретация и ранжирование	Декомпозиция ландшафта на семантически целостные кластеры и определение их приоритетности	Метод Latent Dirichlet Allocation (оптимизация по Perplexity и Coherence Score); фильтрация по весу принадлежности $\geq 0,4$; многокритериальное ранжирование (шесть критериев: семантическая целостность, технологическая значимость, применимость, визуальная выделенность, масштабируемость, активность)
3. Построение концептуальной карты	3.1. Декомпозиция по трехуровневой архитектуре. 3.2. Выявление точек роста и слепых зон	Визуализация полного цикла создания стоимости и диагностика стратегических возможностей	Адаптация архитектуры «рынок – продукт – технология»; синтез количественных данных (активность, веса) и качественной интерпретации
4. Формирование дорожной карты	4.1. Косвенная оценка TRL. 4.2. Приоритизация по горизонтам	Трансляция анализа в управленческие решения по инвестициям и НИОКР	Контент-анализ абстрактов по правилам кодирования (шесть уровней: от концепции до промышленного применения); синтез данных по активности, TRL и критическим узким местам цепочки

Формирование корпуса патентных документов.

Этот этап заключался в формировании релевантного массива патентных документов по теме технологии культивирования водорослей и получению биомассы/биотоплива.

Выбор патентов в качестве основного источника данных обусловлен не только их высокой информативностью, но и способностью отражать реальные стратегические сдвиги в инновационной деятельности. Как показывают различные исследования, патентные тренды служат надежным предиктором стратегий научно-технологических институтов, фиксируя не просто факт разработки, а намерение инвестировать, защищать и коммерциализировать технологию, что делает их особенно ценным источником для стратегического форкастинга [Neto, Faria, de Melo, 2025; Темников, Ценжарик, 2025].

В соответствии с этим принципом корпус данных формировался не по формальным признакам, таким как классификационные коды МПК, а на основе семантического содержания полного текста патента (описания, формулы изобретения и аннотации). Такой подход позволяет выявить реальные технологические намерения, минуя ограничения, связанные с неточной или устаревшей классификацией.

Поисковый запрос был сформулирован на английском языке с использованием ключевых терминов, отражающих основные направления исследований: *algae production biofuel*, *algae cultivation*, *microalgae biomass*. Поиск проводился в международной базе патентной информации WIPO PatentScore. Полученный первичный массив включал 1 775 патентных документов, зарегистрированных в период с 2000 по 2024 г.

На следующем этапе массив данных подвергся процедуре предварительной очистки, в ходе которой были удалены дубликаты и документы, не относящиеся непосредственно к предмету исследования. После очистки корпус прошел лингвистическую предобработку: тексты были токенизированы, лемматизированы, а также дополнены устоявшимися выражениями и преобразованными биграммами и триграммами с помощью пакета R UDPipe¹.

Тематическое моделирование. Основная задача данного этапа – трансформация полученного массива абстрактов в структурированную карту технологических ниш.

Для выявления скрытых структур в корпусе патентов применялся метод LDA – вероятностная модель машинного обучения, предназначенная для автоматического выделения тем в больших текстовых массивах [Blei, Ng, Jordan, 2003]. Метод предполагает, что каждый документ представляет смесь нескольких тем,

а каждая тема – распределение слов. В связи с этим выделяются два уровня агрегирования: распределение по категориям и распределение слов внутри категории [Чижик, 2021].

Его применение в патентном анализе обосновано возможностью автоматической кластеризации тысяч патентов по технологическим нишам, что обеспечивает объективность, масштабируемость и воспроизводимость результатов, снижая зависимость от экспертных оценок. LDA эффективно раскрывает неочевидные связи между технологиями, что делает его ценным инструментом для стратегического прогнозирования [Николаев, Иващенко, 2024]. Однако метод имеет ограничения, поскольку предполагает взаимосвязь тем, что может исказить результаты при анализе независимых технологических направлений и требует тщательной настройки параметров. Еще одно ограничение LDA, отмечаемое исследователями, заключается в необходимости экспертной интерпретации, поскольку автоматическая кластеризация хоть и снижает зависимость от экспертных оценок, но требует последующей качественной трактовки [Noyons, 1999]. Несмотря на это, LDA остается одним из наиболее распространенных подходов в техномайнинге, особенно при его интеграции с качественным анализом [Gerdtsri, 2007], что и реализовано в нашем исследовании.

Оптимальное количество тем было определено на основе метрик Perplexity (перплексии) и Coherence Score (согласованности). Установлено, что 11 тем обеспечивают наилучший баланс между детализацией и интерпретируемостью, при этом каждая тема представляет семантически целостную технологическую нишу. Каждому патенту был присвоен вектор из 11 значений, где каждый элемент соответствует степени его принадлежности к определенной теме. Доминантная тема для патента определялась как тема с максимальным весом принадлежности. При дальнейшем анализе учитывались только те патенты, у которых вес принадлежности к доминантной теме составлял 0,4 и выше. Это позволило сосредоточиться на релевантных и однозначно классифицируемых документах, исключив из рассмотрения патенты с неопределенной или слабой тематической принадлежностью, и сократило численность корпуса патентов до 1 705. Результаты LDA-анализа представлены в табл. 2, где каждая тема характеризуется количеством патентов, медианным весом принадлежности, технологическим фокусом и ключевыми тегами.

Анализ доминантных тем. На этапе анализа LDA-тем была проведена их качественная интерпретация с целью определения технологического фокуса и формирования основы для построения концептуальной карты. Процедура включала систематический контент-анализ абстрактов патентов, входящих в каждую доминантную тему. Для всех групп документов

¹ Wijffels J. (2020). UDPipe: Tokenization, Parts of Speech Tagging, Lemmatization and Dependency Parsing with the "UDPipe" NLP Toolkit. R package version 0.8.4-1, 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=udpipe>.

Таблица 2 – Матрица доминантных тем
Table 2 – A matrix of dominant topics

Темы	Количество патентов	Медиана принадлежности к теме	Фокус	Ключевые теги (примеры)
Агротехнологическое культивирование водорослей, растений и аквакультурных организмов	222	0,77	Широкое культивирование биологических объектов: микроводоросли, рыба, моллюски, растения	Рост, пруд, разведение, рыба, среда, качество, выживаемость, культивирование
Инженерные конструкции и механические компоненты систем культивирования	266	0,81	Конструктивные элементы оборудования: трубы, корпуса, насосы, рамы, отверстия	Труба, корпус, насос, рама, отверстия, структура, жидкость, свет, вход, фиксация
Управление физическими параметрами и энергетикой процесса	84	0,79	Контроль света, температуры, CO ₂ , циркуляции, энергопотребления	Свет, температура, CO ₂ , циркуляция, энергия, поток, диоксид углерода, гидродинамика
Производство биомассы и биотоплива из водорослей	198	0,83	Полный цикл: от выращивания до экстракции липидов и получения биотоплива	Биомасса, биотопливо, микроводоросли, липиды, экстракция, сбор урожая, углерод, культивирование
Оптимизация процессов и контроль за состоянием культуры	114	0,78	Мониторинг и регулирование параметров роста: плотность, концентрация, температура	Контроль, плотность, концентрация, мониторинг, регулирование, выход, условия роста
Системы культивирования и инфраструктура	117	0,80	Оборудование и реакторы для выращивания водорослей	Фотобиореактор, резервуар, поток, питательная среда, аэрация, труба, система
Искусственные экосистемы и биоудаление водорослей	89	0,85	Использование водорослей для очистки воды и утилизации загрязнителей	Очистка, сточные воды, бактерии, CO ₂ , биоремедиация, промышленные стоки
Устройства для выращивания растений и водорослей	41	0,84	Конструкции резервуаров, дренажных и подвесных систем	Резервуар, дренаж, свет, растения, водоросли, аппарат, подача, среда
Поликультура и интеграция с аквакультурой	129	0,79	Совместное выращивание водорослей и животных организмов	Аквакультура, рыба, моллюски, совместное культивирование, корм, сточные воды
Биологические добавки и симбиотические системы	237	0,82	Использование бактерий, дрожжей и биопрепаратов для стимуляции роста	Бактерии, биопрепараты, симбиоз, стимуляция роста, микроорганизмы, питательные вещества
Методы культивирования и оптимизация среды	68	0,75	Сравнение и выбор между открытыми и закрытыми системами культивирования	Открытый, закрытый, свет, кислотность, тип системы, адаптация, выбор среды

анализировались ключевые термины, упоминаемые технологии, процессы и объекты разработки. На основе полученных данных формулировались содержательные названия тем и краткие описания, отражающие реальные технологические ниши.

Для ранжирования тем по приоритетности и оценки их пригодности в качестве основы технологической дорожной карты был применен многомерный подход, включающий шесть критериев:

- семантическая целостность – степень однородности и взаимосвязанности патентов внутри темы. Высокая целостность свидетельствует о том, что документы описывают единую технологическую концепцию;
- технологическая значимость – важность темы для развития отрасли, оцениваемая по специфике и технической насыщенности терминов. Темы, содержащие конкретные решения, признаются более значимыми, чем те, где доминируют общие формулировки;
- практическая применимость – потенциал внедрения технологий в ближайшей перспективе. Критерий основан на анализе описаний: наличие упоминаний прототипов, пилотных установок или промышленных решений указывает на высокую применимость;
- визуальная выделенность – положение темы на карте межтемовых расстояний. Предпочтение отдается темам, занимающим четко обособленное положение в отдельном кластере с минимальными пересечениями, что говорит об их автономности;
- масштабируемость – потенциал темы для промышленного использования. Оцениваются модульность систем, энергоэффективность процессов и возможность интеграции в существующую инфраструктуру. Высокомасштабируемые направления рассматриваются как стратегически приоритетные;
- активность – количество патентов в теме с весом принадлежности к доминантной теме выше порогового значения ($\geq 0,4$). Этот показатель служит индикатором R&D-активности и рыночной востребованности.

Центральным элементом ландшафта является тема 4 «Производство биомассы и биотоплива из водорослей» (198 патентов). Она охватывает полный цикл – от культивирования до экстракции липидов и получения биотоплива, биопластиков и других продуктов. Обладая высокой семантической целостностью и технологической зрелостью, эта тема представляет основной источник экономической ценности и наиболее перспективное направление для коммерциализации.

Инфраструктурную базу обеспечивают тема 2 «Инженерные конструкции и механические компоненты систем культивирования» (266 патентов) и тема 6 «Системы культивирования и инфраструктура» (117 патентов). Первая фокусируется на надежности и функциональности оборудования (трубы, насосы, корпуса), а вторая – на разработке фотобиореакторов и биоциркуляционных прудов, формируя физическую основу производства.

Ключевую роль в обеспечении стабильности процессов играет тема 5 «Оптимизация процессов и контроль состояния культуры», связанная с мониторингом плотности клеток, концентрации питательных веществ и температуры. Несмотря на отсутствие явных упоминаний информационных технологий, тема отражает цифровизацию через автоматизацию и обратную связь. В тесной связи с ней находится тема 3 «Управление физическими параметрами и энергетикой процесса», которая обеспечивает оптимизацию света, CO₂ и гидродинамики.

Тема 9 «Поликультура и интеграция с аквакультурой» предлагает устойчивые решения на основе совместного выращивания водорослей с рыбой и моллюсками, реализуя принципы циркулярной экономики. Тема 7 «Искусственные экосистемы и биоудаление водорослей» выполняет ESG-функцию, раскрывающую использование водорослей для очистки сточных вод и утилизации CO₂, однако ее прямая экономическая отдача ограничена. Тема 10 «Биологические добавки и симбиотические системы» включает способы повышения продуктивности за счет применения бактерий и биопрепаратов, представляя собой технологически значимый вспомогательный слой.

Оставшиеся темы имеют более узкую направленность. Тема 1 «Агротехнологическое культивирование» охватывает широкий спектр биологических объектов, но ее специфичность для микроводорослей невысока. Тема 8 «Устройства для выращивания растений и водорослей» и тема 11 «Методы культивирования и оптимизация среды» носят методологический характер и имеют ограниченную применимость в промышленном производстве биотоплива.

Таким образом, технологический ландшафт организован вокруг темы 4 как ядра создания ценности, дополненного инфраструктурными (темы 2, 6), управленческими (темы 3, 5) и устойчивыми интегрированными решениями (темы 7, 9, 10). Приоритетными для инвестиций являются направления, сочетающие масштабируемость, экономическую эффективность и экологическую устойчивость. Узкоспециализированные темы требуют целевой оценки их рыночного потенциала.

Построение концептуальной карты технологического ландшафта цепочки микроводорослевых технологий. На основе анализа доминантных тем была выстроена технологическая цепочка, отражающая полный цикл ценности в области микроводорослевых технологий (см. рисунок).

На рисунке представлена структурированная визуальная модель, демонстрирующая взаимосвязи между различными технологическими блоками и их роль в инновационном процессе. Главное назначение карты – формирование объективной основы для стратегического форкастинга. Она трансформирует неструктурированные данные в наглядную схему технологических потоков, где ядро (исследуемые



Концептуальная карта технологического ландшафта цепочки микроводорослевых технологий¹

Conceptual mapping of the technological landscape of the microalgae technology value chain

¹ В скобках приводится количество патентов, относящихся к доминантной теме технологического ландшафта.

технологии), поддерживающие процессы (технологии поставщиков сырья, комплементарные технологии) и конкурентные системы соотносены друг с другом. Логика построения карты базируется на интеграции количественных данных, полученных в ходе предыдущих этапов анализа (количество патентов, веса принадлежности), и качественной интерпретации LDA-тем, что обеспечивает баланс между объективностью анализа и практической применимостью результатов.

Методология построения карты технологического ландшафта основывается на трехуровневой архитектуре, предложенной в работе [Ibarra González, Ogliari, Back, 2008]. Она включает слой рыночных и деловых драйверов, слой продуктов или услуг и слой технологий. Преимущества данного подхода заключаются в методологической строгости, ясной декомпозиции стратегии и способности установить системную связь между внешней средой, стратегическими целями компании и ее технологическими возможностями. В нашей работе эта архитектура была адаптирована следующим образом [Матраева, Васютина, 2025]:

- рыночный слой представлен блоками «потребности клиентов» и «конкурирующие системы», которые отражают внешние вызовы и возможности: экологичность, возобновляемость, требование замкнутого цикла, а также альтернативные технологии (например, пальмовое масло, ГМО-растения), формирующие конкурентное окружение;
- продуктовый слой включает ядро карты «исследуемые технологии» и подблок «технология продукта». Эти элементы соответствуют внутренним стратегическим целям компании: созданию биотоплива, функциональных продуктов питания и биопластиков на основе микроводорослей;
- технологический слой охватывает «технологии поставщиков сырья» (фотобиореакторы, системы аэрации) и «комплементарные технологии» (IoT-мониторинг, автоматизация, облачные платформы), представляющие технологические компетенции и инфраструктурные решения, необходимые для реализации продукта.

В рамках предлагаемой архитектуры карта технологического ландшафта выступает не как статичная схема, а как динамический инструмент управления, позволяющий выявлять пробелы, проектировать пути миграции и обеспечивать непрерывный процесс мониторинга инновационного ландшафта.

Первоначально структура карты была разработана с учетом доминирующих тем: наиболее активные и семантически целостные темы, выявленные в ходе LDA-анализа, легли в основу ключевых блоков технологической цепочки, тогда как менее активные или нишевые темы были интегрированы как подэлементы или поддерживающие компоненты. Названия блоков и подблоков сформированы на основе анализа топ-30 наиболее релевантных терминов для каждой темы,

что обеспечивает их семантическую точность и соответствие содержанию патентного корпуса.

В результате была сформирована следующая цепочка.

Блок исследуемых технологий выделен как ядро, поскольку он охватывает основной фокус патентных исследований: производство масел микробного происхождения. Он состоит из двух подблоков: «технология продукта» (LDA-тема 4), который описывает цикл от культивирования до экстракции биомассы и получения биотоплива, и «технологический процесс» (LDA-темы 3 и 9), включающий управление физическими параметрами и интеграцию с аквакультурой. Далее следует блок последующих технологий (LDA-тема 7), который охватывает применение продуктов водорослевого производства в смежных сферах, таких как биоремедиация, очистка сточных вод, утилизация CO₂.

Блок «технологии поставщиков сырья» (LDA-темы 2 и 6) включает системы культивирования и инфраструктуру, необходимую для реализации основных процессов.

Для обеспечения контекста конкурентной среды были выделены блоки «конкурирующие системы/технологии» (LDA-тема 8), «последующие технологии для конкурирующих систем» (LDA-тема 1) и «технологии поставщиков сырья для конкурирующих систем» (LDA-тема 11).

Отдельно выделен блок комплементарных технологий (LDA-темы 5 и 10), включающий цифровизацию, IoT и системы управления, которые усиливают эффективность всех этапов цепочки.

Несмотря на то, что потребности клиентов не представлены явно в патентных документах, они косвенно отражены через преимущества технологий на основе водорослей: экологичность, возобновляемость, безопасность и потенциал замкнутого цикла производства. Для целей форкастинга карта технологического ландшафта выполняет две ключевые функции.

Во-первых, она выявляет точки роста и слепые зоны, позволяя прогнозировать развитие технологий на основе текущих трендов. С точки зрения анализа карты точки роста представляют направления с высоким потенциалом развития, сочетающие технологическую значимость, синергию с другими блоками и высокую R&D-активность. На карте они определяются по содержанию и логической связи с ядром (например, технология продукта и технологический процесс). Слепые зоны – это нишевые или фоновые темы, которые активно развиваются, но не интегрированы в основную цепочку или недооцениваются компанией (например, технологии поставщиков сырья для конкурирующих систем, представляющие методы открытых и закрытых систем, которые можно адаптировать для других культур).

Во-вторых, карта служит основой для построения полноценной технологической дорожной карты: каж-

дый блок может быть дополнен уровнями зрелости (TRL), временными рамками и сценариями развития. Таким образом, она становится рабочим инструментом для прогнозирования динамики отраслей российской экономики и оценки структурных эффектов технологических сдвигов.

Технологическая дорожная карта: оценка зрелости технологий и формирование стратегических приоритетов. На заключительном этапе анализа построенная концептуальная карта ландшафта трансформируется в динамическую технологическую дорожную карту. Технологическая дорожная карта представляет структурированную сеть из узлов и связей, отражающую пространственно-временные отношения между наукой, технологией и продуктом. Узлами выступают ключевые технологические блоки (например, технология продукта, комплементарные технологии), а связи моделируют причинно-следственные, функциональные или временные зависимости, формируя динамическую траекторию развития. Важнейшим требованием к высококачественной карте является ее функциональная направленность: каждый элемент должен служить основой для конкретного управленческого решения, что позволяет трансформировать карту из описательного инструмента в операционный механизм стратегического управления [Kostoff, Schaller, 2001].

Технологическая дорожная карта не прогнозирует будущее, а определяет путь к нему, выявляя проблемы и классифицируя технологии по степени зрелости. В рамках нашего исследования эта функция реализуется через интеграцию LDA-анализа, оценки TRL и обнаружения точек роста и слепых зон, что обеспечивает прямую связь между картографированием и формированием портфеля R&D-проектов.

Центральным элементом анализа выступает оценка уровня зрелости технологии (Technology Readiness Level, TRL) по стандартизированной шкале от 1 до 9, изначально разработанной NASA для управления сложными инженерными проектами [Sadin, Povinelli, Rosen, 1989]. В контексте данной работы TRL используется как метрика, позволяющая соотнести патентные разработки с конкретными стадиями перехода от научного принципа к коммерческому продукту.

Поскольку прямые данные о стадии разработки редко указываются в патентах, оценка TRL проводилась косвенным образом, на основе контент-анализа текстов абстрактов. Для этого была разработана система правил кодирования, основанная на частоте употребления ключевых терминов и фраз, характерных для определенных уровней зрелости (табл. 3).

Спецификой отраслевого анализа стало то, что в биотехнологических проектах переход от TRL 6 к TRL 7 сопряжен не только с инженерными, но и с биологическими рисками: изменение фенотипа штамма при масштабировании, снижение стабильности куль-

туры в промышленных условиях, регуляторные ограничения на использование ГМО. Поэтому при оценке TRL необходимо учитывать не только наличие пилотной линии, но и данные о генетической стабильности, метаболическом профиле и экологической безопасности – параметрах, которые все чаще фиксируются в патентных формулах и описаниях [Титова, Шишкин, 2023].

Интерпретация результатов. Проведенный анализ патентного ландшафта в области микроводородных технологий (табл. 4) выявил концентрацию патентной активности в сфере создания промышленной инфраструктуры – фотобиореакторов, гибридных систем и офшорных ферм. Это закономерно отражает этап становления отрасли, где ключевой задачей является разработка рентабельных и масштабируемых решений для культивирования.

При этом выбор технологического решения напрямую зависит от целевого продукта: дорогостоящие закрытые системы экономически оправданы для производства высокомаржинальных субстанций (пигменты, ПНЖК), тогда как для биотоплива и кормов приоритетом остаются низкочастотные открытые и офшорные платформы. Возможной стратегией развития в этом случае могут быть инновационные бизнес-модели, предполагающие одновременное извлечение множества продуктов с разной добавленной стоимостью (от биотоплива до нутрицевтиков и биопластиков), что позволит реализовать ключевое условие экономической целесообразности даже для низкочастотных систем [Gupta et al., 2024].

Критическим узким местом, определяющим общую экономическую эффективность, являются процессы сбора, экстракции и очистки биомассы. Выделение этого направления в качестве ключевой точки роста абсолютно обоснованно, так как именно здесь заложен основной резерв по снижению себестоимости. Методы переработки также диверсифицированы в зависимости от конечного продукта: от энергоэффективной дегидратации для биотоплива до щадящих методов экстракции и сложной хроматографической очистки для фармацевтических препаратов [Никулин и др., 2024].

Наиболее зрелым и коммерчески привлекательным сегментом оказались интегрированные решения, в особенности биоремедиация. Высокая активность в этой области подтверждает, что модели, совмещающие производство биомассы с услугами по очистке сточных вод и утилизации CO₂, являются на сегодня наиболее жизнеспособными и соответствуют принципам циркулярной биоэкономики [Fal et al., 2023; Vázquez-Romero et al., 2024].

Наибольший интерес представляет кластер биотехнологий, демонстрирующий низкую патентную активность при признанном прорывном потенциале. Однако низкий TRL обусловлен не отсутствием науч-

Таблица 3 – Правила контент-анализа текстов
Table 3 – Guidelines for textual content analysis

Оценка	Описание уровня	Правила оценки контекста
Оценка TRL		
1–3	Указание на концепцию без демонстрации эффективности	Описывается концепция или метод. Ключевое слово – метод, способ, процесс, средство, решение проблемы. В абстрактах указывается, что делается, но не показывается, как это реализуется на практике
4	Описание компонентов, признаки создания лабораторного макета	Есть описание устройств, реакторов, систем управления. Ключевые слова – система, устройство, реактор, аппарат, установка, оборудование, механизм, модуль. Указываются конкретные элементы конструкции, которые составляют систему
5	Наличие прототипа и систем управления, признаки интеграции	Есть упоминания прототипа и систем управления, признаки интеграции. Ключевые слова – прототип, эксперимент, опыт, тестирование, внедрение, оптимизация, повышение эффективности, демонстрация, улучшение производительности, эффективность
6	Испытания в условиях, близких к реальным	Есть упоминания испытаний в условиях, близких к реальным. Ключевые слова – испытания, тестирование, внедрение, опыт, реальные условия, близкие к реальным, на местности, в полевых условиях, приближенные к промышленным условиям. Присутствуют данные о генетической стабильности, метаболическом профиле и экологической безопасности
7	Признаки масштабируемого или промышленного применения	Есть прямые указания на масштабируемое или промышленное применение. Ключевые слова – промышленное применение, коммерческое производство, масштабируемость, внедрение в отрасль, высокая производительность, устойчивый выход, снижение потребления энергии/ресурсов, реальное использование
Оценка уровня активности		
Очень высокая	> 10 % общего числа патентов	> 171* + высокие веса + специфические термины
Высокая	6–10 % общего числа патентов	102–171* + хорошая семантика
Средняя	3–5,99 % общего числа патентов	51–102* + частично специфичные термины
Низкая	0–2,99 % общего числа патентов	0–51* + общие/фоновые термины

Примечание: *количество патентов из общего числа рассмотренных.

Таблица 4 – Технологическая дорожная карта в области микроводорослевых технологий
Table 4 – A technology roadmap for microalgae technologies

Крупные направления внутри кластера	Ключевые технологические фокусы	Уровень активности	Средний TRL	Рекомендуемое действие
1. Системы и инфраструктура				
1.1. Фотобиореакторы	Замкнутые системы, трубчатые и плоские реакторы, промышленные установки контролируемого культивирования	Очень высокая (12,5 %)	~4,4	Инвестировать. Ключевое направление с максимальной активностью
1.2. Морские биореакторные системы	Плоты, садки, морские биореакторы, офшорные микроводорослевые фермы для массового низкзатратного производства	Средняя (4,2 %)	~5,0	Инвестировать. Высокая готовность для масштабирования
1.3. Гибридные и открытые системы	Открытые пруды, понтонные системы, многоуровневые гибридные установки	Высокая (6,5 %)	~4,9	Инвестировать. Перспективное направление для крупных проектов
2. Переработка биомассы				
2.1. Сбор, экстракция и очистка	Флокуляция, центрифугирование, фильтрация, экстракция липидов, белков, пигментов	Средняя (5,3 %)	~4,0	Потенциальная точка роста. Фокусировать R&D. Ключевая точка роста для рентабельности
2.2. Производство продукции	Биотопливо (3-е поколение), продукты с высокой добавленной стоимостью (high-value products)	Высокая (6,4 %)	~4,1	Точка роста. Фокусировать R&D. Высокий спрос, нужна оптимизация процессов
3. Управление и автоматизация				
3.1. Цифровизация и автоматизация биопроцессов	Автоматизированные системы управления светом, температурой, pH, подачей CO ₂ и питательных веществ	Средняя (5,8 %)	~4,2	Инвестировать. Критически важно для рентабельности

Окончание таблицы 4
Table 4 (concluded)

Крупные направления внутри кластера	Ключевые технологические фокусы	Уровень активности	Средний TRL	Рекомендуемое действие
4. Интегрированные решения				
4.1. Аквакультура (IMTA)	Совместное выращивание водорослей, моллюсков, рыб; симбиотические системы	Средняя (5,2 %)	~4,6	Инвестировать. Готовые решения для устойчивого производства
4.2. Биоремедиация и утилизация	Очистка сточных вод, утилизация CO ₂ , биоремедиация водных экосистем	Высокая (9,1 %)	~4,8	Инвестировать. Лидер по зрелости и ESG-потенциалу
5. Биотехнологии				
5.1. Генетика и селекция	Генетическая модификация штаммов, селекция высокопродуктивных линий, штаммы для экстремальных условий	Низкая (2,9 %)	~3,4	Слепая зона. Мониторить / R&D. Прорывной потенциал, но высокие риски
5.2. Управление метаболизмом	Индукция липидного накопления, стресс-факторы, оптимизация метаболических путей	Низкая (1,5 %)	~3,7	Слепая зона. Мониторить / R&D. Нишевое направление, но важное для эффективности

ных разработок, а длительными циклами исследований и высокими регуляторными барьерами, особенно для генетически модифицированных штаммов [Титова, Шишкин, 2023]. В данном контексте особую стратегическую роль приобретают омиксные технологии (геномика, протеомика, метаболомика), которые, не являясь объектом прямой патентной активности в отрыве от штаммов, служат ключевым инструментом для ускоренной селекции и метаболической инженерии, позволяя создавать высокопродуктивные линии с минимальными рисками [Титова, Шишкин, 2023; Stavridou et al., 2024].

Таким образом, для динамичного развития отрасли целесообразна трехуровневая стратегия:

- краткосрочная (1–3 года): фокус на внедрении и оптимизации решений в области культивирования (кластер 1), автоматизации (кластер 3) и интеграции с системами биоремедиации (кластер 4);
- среднесрочная (3–5 лет): активные R&D в области энергоэффективной переработки биомассы (кластер 2) и широкое внедрение омиксных технологий для целенаправленной селекции штаммов;
- долгосрочная (5+ лет): развитие генетического редактирования и метаболической инженерии как стратегического актива для кардинального повышения продуктивности микроводорослевых биотехнологий.

В таком виде дорожная карта может служить основой для формирования согласованных сценариев технологического развития компании, увязывая технологические траектории с целевыми ориентирами корпоративной стратегии, инвестиционной политики и перехода к низкоуглеродной модели развития бизнеса.

Важным кросс-срезом всех уровней стратегии является необходимость преодоления так называемой долины смерти между лабораторными разработками и промышленным внедрением. Это требует создания пилотных производств по глубокой переработке

биомассы, механизмов технологического трансфера и специализированных грантовых программ, ориентированных на трансляционные исследования.

Данный анализ подтверждает, что отрасль микроводорослей находится на активной стадии технологического оформления, где ближайшие успехи будут определяться совершенствованием инженерной инфраструктуры и процессов переработки, в то время как фундаментальный прорыв в отдаленной перспективе обеспечат достижения в области биоинженерии и омиксных наук.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях формирования стратегии технологического суверенитета, когда промышленные компании вынуждены переходить от тактики импортозамещения к опережающему инновационному развитию, возникает острая потребность в инструментах, способных трансформировать внешние технологические сигналы в обоснованные управленческие решения. В работе предложен и обоснован методологический подход, который трансформирует тематическое моделирование патентных ландшафтов из аналитической техники в полноценный инструмент стратегического форкастинга.

Ключевой новизной исследования является разработанная интегрированная модель, объединяющая три компонента: LDA-анализ для выявления скрытых технологических ниш, косвенную оценку зрелости технологий (TRL) на основе контент-анализа патентных текстов и построение динамической технологической дорожной карты на базе трехуровневой архитектуры. Такой синтез позволяет не просто констатировать наличие технологических трендов, но и определять их коммерческий потенциал, временные рамки внедрения и роль в полном цикле создания стоимости, что решает фундаментальную проблему разрыва между корпоративной стратегией и проектами НИОКР. Встра-

ивание результатов техномайнинга в систему корпоративного стратегического планирования позволяет рассматривать научно-техническое развитие не изолированно, а как фактор долгосрочной конкурентоспособности компании, трансформации ее бизнес-модели и структурных изменений технологического и продуктового портфеля.

Апробация на примере микроводородослевых технологий подтвердила, что методика обеспечивает оперативную и структурированную интерпретацию больших массивов патентных данных, трансформируя их в практико-ориентированные рекомендации для инвесторов, разработчиков и государственных регуляторов. В частности, она позволяет:

- дифференцировать направления по стратегическому приоритету;
- выявлять в технологических цепочках узкие места, ограничивающие рентабельность;
- оценивать зрелость решений даже в отсутствие прямых указаний на стадию разработки, за счет контекстного анализа патентных абстрактов;
- формировать многоуровневые стратегии развития с горизонтом от 1 до 10 лет.

Для российской практики это открывает возможность более тесной увязки корпоративных технологических стратегий с государственными документами стратегического планирования – прогнозами социально-экономического развития, отраслевыми и научно-техническими стратегиями, программами структурной и региональной политики.

Выбор микроводородослевых технологий в качестве кейса обусловлен их высокой сложностью, междисциплинарностью и наличием выраженного разрыва между фундаментальными разработками и промышленной реализацией, что делает их идеальным «ис-

пытательным полигоном» для методики. Успешное выявление как зрелых сегментов (например, биоре-медиация, TRL ~4,8), так и стратегических ниш с низкой патентной активностью, но высоким прорывным потенциалом (метаболическая инженерия, омиксные технологии) подтверждает валидность и прогностическую силу предложенного подхода.

В перспективе исследование может быть расширено за счет интеграции анализа патентных цитатных сетей, который показывает не только эволюцию технологий, но и социальные траектории передачи и усвоения знаний. В частности, высокая транзитивность в подсети темы свидетельствует об ее интеграции в устоявшуюся технологическую парадигму, тогда как низкая транзитивность может свидетельствовать о радикальной новизне или изоляции. Кроме того, возможно и расширение за счет формализации гибридного подхода к идентификации технологий, сочетающего объективный патентный анализ на первом этапе и экспертную верификацию по методу Дельфи на втором, что обеспечит баланс между данными и предметной экспертизой.

Предложенный подход позволяет не только выявлять технологические тренды, но и формировать рекомендации для корпоративной инновационной и технологической политики: определять приоритетные направления поддержки и финансирования R&D, устанавливать зависимости от внешних патентных ландшафтов и ключевых правообладателей, оценивать готовность собственных разработок к масштабированию и снижению технологических рисков. В этом смысле тематическое моделирование становится инструментом корпоративного стратегического планирования и управления технологическим портфелем. ■

Источники

- Березной А.В., Снегирев А.Ю. (2023). Операционализация стратегий компаний в области инновационного развития: возможности использования технологических дорожных карт // Российский журнал менеджмента. Т. 21, № 4. С. 453–480. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2023.401>
- Васильева Ю.С. (2019). Патентная аналитика как современный инструмент стратегического менеджмента для инновационной компании // Менеджмент в России и за рубежом. № 2. С. 34–41.
- Костина Е., Обухова Е. (2025). Анализ патентного ландшафта России в сфере биотехнологий // ЭКО. Т. 55, № 5. С. 152–169. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2025-5-152-169>
- Матраева Л.В., Васютина Е.С. (2025). Промышленные бизнес-модели в эпоху Индустрии 4.0: от технологии к ценности // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). Т. 16, № 2. С. 242–254. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2025.16.2.242-254>
- Митрошин И.А. (2021). Патентный ландшафт как развитие наукометрических библиотечных сервисов (на примере тематического направления «Микробиология») // Научные и технические библиотеки. № 12. С. 69–90. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2021-12-69-90>
- Михайлова Е.С., Тимошук И.В., Горелкина А.К. (2023). Методология построения патентных ландшафтов на примере очистки сточных вод угледобывающих предприятий // Уголь. № 10. С. 28–35. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-28-35>
- Николаев А.С., Иващенко В.В. (2024). Перспективы применения патентной аналитики при решении задач по оценке технологий // Вестник ФИПС. Т. 3, № 1(7). С. 84–92.

- Никулин А.В., Мартынов Л.Ю., Габаева Р.С., Лазов М.А. (2024). Разработка новой инверсионно-вольтамметрической техники определения неорганического йода в слоевищах ламинарии (*Laminariae thalli* L.) для контроля качества сырья в лабораториях завода // Тонкие химические технологии. Т. 19, № 4. С. 372–383. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2024-19-4-372-383>
- Темников А.А., Ценжарик М.К. (2025). Мультиотраслевой патентный анализ в промышленности как инструмент раннего прогнозирования трендов // Прогрессивная экономика. № 6. С. 8–17. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_6_8
- Титова Е.С., Шишкин С.С. (2023). Актуальные проблемы биоэкономики, роль постгеномных дисциплин. Москва: ВАШ ФОРМАТ.
- Чижик А.В. (2021). Использование методов тематического моделирования для оценки степени влияния СМИ на общественное настроение // Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии. Вып. 5. С. 70–78. <https://doi.org/10.17586/2541-9781-2021-5-70-78>
- Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, vol. 3, pp. 993–1022. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf>
- Chakraborty M., Byshkin M., Crestani F. (2020). Patent citation network analysis: A perspective from descriptive statistics and ERGMs. *PLOS ONE*, vol. 15, no. 12. <https://www.jmlr.org/10.1371/journal.pone.0241797>
- Chesbrough H.W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston (MA): Harvard Business Press.
- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, vol. 29, no. 2, pp. 109–123. [https://www.jmlr.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://www.jmlr.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fal S., Usmani N., Pillai S., Arora A. (2023). Integrated microalgae-based biorefinery for wastewater treatment and CO₂ biosequestration. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 41, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100365>
- Gerdts N. (2007). An analytical approach to building a Technology Development Envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, vol. 4, no. 2, pp. 121–135. <https://doi.org/10.1142/S0219877007001004>
- Gupta A., Kang K., Pathania R., Saxton L., Saucedo B., Malik A., Torres Tiji Y., Diaz C.J., Molino J.V.D., Mayfield S.P. (2024). Harnessing genetic engineering to drive economic bioproduct production in algae. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 12, 1350722. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1350722>
- Ibarra González C.J., Ogliari A., Back N. (2008). Systematization of technology roadmapping. *Product: Management & Development*, vol. 6, no. 2, pp. 77–97.
- Kostoff R.N., Schaller R.R. (2001). Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 48, no. 2, pp. 132–143. <http://dx.doi.org/10.1109/17.922473>
- Mankins J.C. (1995). Technology readiness levels: A white paper. NASA. https://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
- Mankins J.C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, vol. 65, issues 9–10, pp. 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>
- Neto N.B., Faria L., de Melo F.C.L. (2025). Patent trends analysis as a basis for innovation strategies. *Foresight and STI Governance*, vol. 19, no. 2, pp. 77–84. <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.23834>
- Noyons E.C.M. (1999). Bibliometric mapping as a science policy and research management tool. Leiden, *DSWO Press*. <https://hdl.handle.net/1887/38308>
- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 71, issues 1–2, pp. 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Porter A.L. (2005). Tech mining. *Competitive Intelligence Magazine*, vol. 8, no. 1. <https://www.thevantagepoint.com/resources/articles/CI%20Jan-Feb%2005%20Porter.pdf>
- Porter A.L., Cunningham S.W. (2005). *Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage*. Wiley.
- Sadin S.R., Povinelli F.P., Rosen R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, vol. 20, pp. 73–77. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(89\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(89)90054-4)
- Stavridou E., Karapetsi L., Nteve G.M., Tsintzou G., Chatzikonstantinou M., Tsaousi M., Martinez A., Flores P., Merino M., Dobrovic L., Mullor J.L., Martens S., Cerasino L., Salmaso N., Osathanunkul M., Labrou N.E., Madesis P. (2024). Landscape of microalgae omics and metabolic engineering research for strain improvement: An overview. *Aquaculture*, vol. 587, 740803. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740803>
- Trippe A. (2015). Guidelines for preparing patent landscape reports. *WIPO Publication No. 946E*. Geneva: World Intellectual Property Organization (WIPO). https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf
- Tseng Y.H., Lin C.J., Lin Y.I. (2007). Text mining techniques for patent analysis. *Information Processing & Management*, vol. 43, no. 5, pp. 1216–1247. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2006.11.011>
- Vázquez-Romero B., Villar-Navarro E., Perales J.A., Garrido-Pérez C., Ruiz J. (2024). Techno-economic analysis of using microalgae to treat streams from fish RAS farming and replace fish meal: A case study. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 59, 104904. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.104904>
- Yu X., Zhang B. (2019). Obtaining advantages from technology revolution: A patent roadmap for competition analysis and strategy planning. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 145, pp. 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.016>

Zhang H., Daim T.U., Zhang Y. (2021). Integrating patent analysis into technology roadmapping: A latent dirichlet allocation-based technology assessment and roadmapping in the field of Blockchain. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 167, Article 120729. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120729>

References

- Berezhnoy A.V., Snegirev A.Yu. (2023). Operationalization of the corporate strategies for innovation development: Capabilities of technology roadmaps. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta / Russian Management Journal*, vol. 21, no. 4, pp. 453–480. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2023.401>. (in Russ.)
- Vasilyeva Yu.S. (2019). Patent analytics as a modern strategic management tool for innovative companies. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom / Management in Russia and Abroad*, issue 2, pp. 34–41. (in Russ.)
- Kostina E.A., Obukhova E.A. (2025). Analysis of the Russian patent landscape in the field of biotechnology. *EKO / ECO*, vol. 55, no. 5, pp. 152–169. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2025-5-152-169>. (in Russ.)
- Matraeva L.V., Vasiutina E.S. (2025). The industrial business models in the Era of Industry 4.0: From technology to value. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, vol. 16, no. 2, pp. 242–254. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2025.16.2.242-254>. EDN: JXHNJS. (in Russ.)
- Mitroshin I.A. (2021). The patent landscape for developing scientometric library services (as exemplified by the discipline of Microbiology). *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki / Scientific and Technical Libraries*, no. 12, pp. 69–90. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2021-12-69-90>. (in Russ.)
- Mikhaylova E.S., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K. (2023). Methodology for constructing patent landscapes using the case of wastewater treatment at coal mining enterprises. *Ugol / Coal*, no. 10, pp. 28–35. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-10-28-35>. (in Russ.)
- Nikolaev A.S., Ivashchenko V.V. (2024). Prospects for the application of patent analytics in solving technology assessment problems. *Vestnik FIPS / Bulletin of Federal Institute of Industrial Property*, vol. 3, no. 1(7), pp. 84–92. (in Russ.)
- Nikulin A.V., Martynov L.Yu., Gabaeva R.S., Lazov M.A. (2024). Development of a new inversion-voltammetric technique in determining inorganic iodine in *Laminariae thalli* L. for the quality control of raw materials in factory laboratories. *Tonkie khimicheskie tekhnologii / Fine Chemical Technologies*, vol. 19, no. 4, pp. 372–383. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2024-19-4-372-383>. EDN: CNMDML. (in Russ.)
- Temnikov A.A., Tsenzharik M.K. (2025). Multi-industry patent analysis in industry as a tool for early trend forecasting. *Progressivnaya ekonomika / Progressive Economy*, no. 6, pp. 8–17. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_6_8. (in Russ.)
- Titova E.S., Shishkin S.S. (2023). *Topical issues in bioeconomics, the role of post-genomic disciplines*. Moscow: VASH FORMAT Publ. (in Russ.)
- Chizhik A.V. (2021). Comparing LDA and LSA topic models for indicating trends of public mood. *Kompyuternaya lingvistika i vychislitelnye ontologii / Computer Linguistics and Computing Ontologies*, issue 5, pp. 70–78. <https://doi.org/10.17586/2541-9781-2021-5-70-78>. (in Russ.)
- Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, vol. 3, pp. 993–1022. <https://www.jmlr.org/papers/volume3/blei03a/blei03a.pdf>
- Chakraborty M., Byshkin M., Crestani F. (2020). Patent citation network analysis: A perspective from descriptive statistics and ERGMs. *PLOS ONE*, vol. 15, no. 12. <https://www.jmlr.org/10.1371/journal.pone.0241797>
- Chesbrough H.W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Boston (MA): Harvard Business Press.
- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, vol. 29, no. 2, pp. 109–123. [https://www.jmlr.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://www.jmlr.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fal S., Usmani N., Pillai S., Arora A. (2023). Integrated microalgae-based biorefinery for wastewater treatment and CO₂ biosequestration. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 41, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100365>
- Gerdri N. (2007). An analytical approach to building a Technology Development Envelope (TDE) for roadmapping of emerging technologies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, vol. 4, no. 2, pp. 121–135. <https://doi.org/10.1142/S0219877007001004>
- Gupta A., Kang K., Pathania R., Saxton L., Saucedo B., Malik A., Torres Tiji Y., Diaz C.J., Molino J.V.D., Mayfield S.P. (2024). Harnessing genetic engineering to drive economic bioproduct production in algae. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 12, 1350722. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1350722>
- Ibarra González C.J., Ogliaari A., Back N. (2008). Systematization of technology roadmapping. *Product: Management & Development*, vol. 6, no. 2, pp. 77–97.
- Kostoff R.N., Schaller R.R. (2001). Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 48, no. 2, pp. 132–143. <http://dx.doi.org/10.1109/17.922473>
- Mankins J.C. (1995). Technology readiness levels: A white paper. NASA. https://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
- Mankins J.C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, vol. 65, issues 9–10, pp. 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>
- Neto N.B., Faria L., de Melo F.C.L. (2025). Patent trends analysis as a basis for innovation strategies. *Foresight and STI Governance*, vol. 19, no. 2, pp. 77–84. <https://doi.org/10.17323/fstig.2025.23834>

- Noyons E.C.M. (1999). Bibliometric mapping as a science policy and research management tool. Leiden, *DSWO Press*. <https://hdl.handle.net/1887/38308>
- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 71, issues 1–2, pp. 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Porter A.L. (2005). Tech mining. *Competitive Intelligence Magazine*, vol. 8, no. 1. <https://www.thevantagepoint.com/resources/articles/CI%20Jan-Feb%2005%20Porter.pdf>.
- Porter A.L., Cunningham S.W. (2005). *Tech mining: Exploiting new technologies for competitive advantage*. Wiley.
- Sadin S.R., Povinelli F.P., Rosen R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, vol. 20, pp. 73–77. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(89\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(89)90054-4)
- Stavridou E., Karapetsi L., Nteve G.M., Tsintzou G., Chatzikonstantinou M., Tsaousi M., Martinez A., Flores P., Merino M., Dobrovic L., Mullor J.L., Martens S., Cerasino L., Salmaso N., Osathanunkul M., Labrou N.E., Madesis P. (2024). Landscape of microalgae omics and metabolic engineering research for strain improvement: An overview. *Aquaculture*, vol. 587, 740803. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740803>
- Trippe A. (2015). Guidelines for preparing patent landscape reports. *WIPO Publication No. 946E*. Geneva: World Intellectual Property Organization (WIPO). https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf.
- Tseng Y.H., Lin C.J., Lin Y.I. (2007). Text mining techniques for patent analysis. *Information Processing & Management*, vol. 43, no. 5, pp. 1216–1247. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2006.11.011>
- Vázquez-Romero B., Villar-Navarro E., Perales J.A., Garrido-Pérez C., Ruiz J. (2024). Techno-economic analysis of using microalgae to treat streams from fish RAS farming and replace fish meal: A case study. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 59, 104904. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.104904>
- Yu X., Zhang B. (2019). Obtaining advantages from technology revolution: A patent roadmap for competition analysis and strategy planning. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 145, pp. 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.016>
- Zhang H., Daim T.U., Zhang Y. (2021). Integrating patent analysis into technology roadmapping: A latent dirichlet allocation-based technology assessment and roadmapping in the field of Blockchain. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 167, Article 120729. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120729>

Информация об авторах

Information about the authors

Матраева Лилия Валериевна

Доктор экономических наук, профессор кафедры финансового учета и контроля. **МИРЭА – Российский технологический университет**, г. Москва, РФ. E-mail: lilia.matraeva@gmail.com

Васютина Екатерина Сергеевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры финансового учета и контроля. **МИРЭА – Российский технологический университет**, г. Москва, РФ. E-mail: esvas@mail.ru

Lilia V. Matraeva

Dr. Sc. (Econ.), Professor of Financial Accounting and Control Dept. **MIREA – Russian Technological University**, Moscow, Russia. E-mail: lilia.matraeva@gmail.com

Ekaterina S. Vasiutina

Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor of Financial Accounting and Control Dept. **MIREA – Russian Technological University**, Moscow, Russia. E-mail: esvas@mail.ru