

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Научные публикации как индикатор инновационной активности и дальнейшего экономического развития

Scientific Publications as an Indicator of Innovation Activity and Future Economic Development

DOI: 10.12737/2587-9111-2025-13-4-4-8

Получено: 05 мая 2025 г. / Одобрено: 7 июня 2025 г. / Опубликовано: 25 августа 2025 г.

Темников А.А.

Аспирант, кафедра экономики предприятия, предпринимательства и инноваций, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9, e-mail: temnikov.alexander1998@mail.ru

Temnikov A.A.

Postgraduate Student, Department of Enterprise Economics, Entrepreneurship and Innovation, Saint Petersburg State University, 7-9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034, Russia, e-mail: temnikov.alexander1998@mail.ru

Аннотация

С ускорением научно-технического прогресса все большую актуальность приобретают методы быстрой оценки технологий и инноваций, особенно для технологий, характеризующихся высокой динамичностью и быстрым устареванием. Одним из таких методов является библиометрический анализ научной литературы. Была проанализирована выборка из 1000 технологий, классифицированных по стадии зрелости как гипотетические, развивающиеся и растущие, включая те, которые признаны экспертами, оказывающими значительное влияние на соответствующие технические области или секторы экономики. Исследование показало, что за 5-летний период (2019–2024 гг.) технологии, связанные с ИИ, превосходили технологии ИКТ по количеству упоминаний в научных публикациях, вытеснив последние с лидирующих позиций. Между тем, в ближайшие годы прогнозируется существенный рост внимания к технологиям блокчейна и метавселенной. В частности, более низкая концентрация научных исследований технологий в реальном секторе может привести к его несбалансированному развитию.

Ключевые слова: методы оценки технологий и инноваций, библиометрия, появляющиеся технологии, растущие технологии, ИИ, реальный сектор экономики.

Abstract

With the acceleration of scientific and technological progress, rapid assessment methods for evaluating technologies and innovations are becoming increasingly relevant, especially for technologies characterized by high dynamism and rapid obsolescence. Bibliometric analysis of scientific literature serves as one such method. A selection of 1,000 technologies was analyzed, classified by maturity stage as hypothetical, emerging, and growing, including those recognized by experts as having significant impact on their respective technical fields or economic sectors. The study revealed that over a 5-year period (2019–2024), AI-related technologies surpassed ICT technologies in terms of scientific publication mentions, displacing the latter from their leading positions. Meanwhile, attention to blockchain technologies and the metaverse is projected to grow substantially in the coming years. Notably, the lower concentration of scientific research on technologies in the real sector may lead to its imbalanced development.

Keywords: technology and innovation assessment methods, bibliometrics, emerging technologies, growth-stage technologies, AI, real sector of the economy.

Введение

Ускоряющийся научно-технический прогресс требует все новых доступных и быстро реализуемых методов оценки технологий. Поиск экономических показателей, анкетные опросы, патентные анализы и другие методы требуют глубокой аналитики и достаточно времяемкие. Экспрессную оценку, необходимую для первичного определения научно-технических трендов может предоставить библиометрия научной литературы. Число научных статей, использующих интересующую терминологию, может служить отражением инновационной активности в исследуемой сфере.

Зарождение современной наукометрии начинается в 1960–1970-е гг., когда делались первые попытки визуализировать связи между статьями [8] и разрабатывался *Science Citation Index (SCI)* [6]. В это же время появляется метод ко-цитирования [9], позволивший в дальнейшем осуществлять выделение и анализ технологических кластеров, а также начинаются поиски взаимосвязей научных цитирований с научной политикой и финансированием [7].

С 1980–1990-х гг. библиометрия научной литературы начинает активно использоваться для анализа технологических трендов [3]. С оцифровкой научных публикаций происходит радикальное расширение возможностей и доступности метода, а также появляются способы автоматизированной визуализации, например, *VOSviewer* [10] или *Atlas of science* [2]. В последние годы библиометрия в сочетании с машинным обучением начинает приобретать, помимо оценки современного статического положения научно-технологического прогресса, прогностические функции в развитии технологических трендов, а дальнейшее развитие библиометрии полностью обусловлено возможностями применения ИИ и глубокого семантического понимания текстов.

В российской научной литературе существует множество библиометрических исследований, направленных на углубленное изучение узконаправленных научных тем. Тем не менее среди русскоязычных научных статей с открытым доступом не было найдено свежих работ, ориентированных на обзор широкого спектра технологических направле-

ний с целью сопоставления и выявления основных трендов и стратегического направления дальнейшего развития. В связи с этим в текущей работе предлагается библиометрический анализ современной научной литературы с широким мультиотраслевым охватом для выявления технологий, находящихся в центре внимания со стороны исследователей, что может являться одним из индикаторов состояния инновационного процесса.

Описание данных и методов исследования

Сущность использованного метода заключалась в анализе числа публикаций с наличием названия технологии в названии работы, ключевых словах или аннотации. Это один из наиболее простых методов в рамках библиометрии, более сложные методы требуют большего времени и не всегда могут быть использованы оперативно для получения наиболее актуальных данных, в частности при широком мультиотраслевом охвате. Поиск осуществлялся на английском языке.

В качестве базы данных научных исследований была выбрана активно развивающаяся платформа *OpexAlex*, широко используемая в зарубежных странах и в последнее время все больше признаваемая российскими исследователями [1]. В рамках текущего исследования выбор оказался оптимальным в связи с предоставлением базой данных *OpexAlex* намного более гибких настроек и фильтров для поиска научных работ, в отличие от, например, «*Google Академии*», и, помимо этого, содержанием в ней достаточно большого количества публикаций (около 267 млн).

Отбор оцениваемых технологий происходил в несколько этапов. Сначала были определены квота и критерии отбора. Было решено установить размер квоты в 1000 технологий, такое количество представляется достаточным для первичного охвата наиболее значимых технологических трендов во множестве отраслей, при этом такой объем представляется адекватным с точки зрения ресурсозатрат и возможности реализации оценки за оперативный срок во избежание упущения актуальности. В качестве одного из критериев отбора выступала зрелость технологий — нахождение на стадии гипотетических, появляющихся или растущих, но не достигших стадии зрелости [5]. Другим критерием выступала признанность технологий в экспертной среде в качестве значимых и потенциально способных значительно изменить соответствующую индустрию, особое внимание уделялось потенциальным подрывным инновациям [4]. Для определения позитивных сигналов в сторону отбираемых технологий со стороны экс-

пертов индустрии использовались статьи ведущих технических журналов *Scopus Q1*, учебные материалы, высказывания авторитетных специалистов и исследователей. Были отобраны технологии по следующим отраслям и технологическим направлениям: энергетика, сырьевая промышленность, обрабатывающая промышленность, строительство, транспорт, сельское хозяйство, пищевая промышленность, потребительские товары, медицина, ИКТ, цифровизация, *IoT*, *ИИ*, *XR*, метавселенная, финтех, крипто-технологии, оптика, оптоэлектроника, электроника, дисплеи, квантовые технологии, нанотехнологии, новые материалы, биотехнологии, нейроинтерфейсы, робототехника, технологии циркулярной экономики, образовательные технологии, гражданские технологии, технологии урбанистики и шеринговой экономики.

В настройках поиска публикаций использовался фильтр *indexed by Crossref* для того, чтобы произвести отбор по качеству без значительного ущерба для количества найденных публикаций, что могло бы стать критичным для узконаправленных технологий. Поиск каждой технологии осуществлялся без кавычек (реализующих точное совпадение поиска) для обеспечения более гибких поисковых возможностей в целях обнаружения технологий с длинными названиями. Поиск осуществлялся за два периода: 01.01.2024–31.12.2024 (весь 2024 г.) и 01.01.2019–31.12.2019 (весь 2019 г.). Такие периоды были выбраны для определения динамики за 5 лет. 2019 г. характеризовался относительной стабильностью, выбор 2020 и 2021 г. мог быть нерепрезентативным в связи с временным, но сильным влиянием пандемийных событий, например, на интерес к биотехнологиям и медицине. Помимо этого, период в 5 лет кажется оптимальным с точки зрения баланса между возможностью улавливания изменений технологических трендов и сохранением актуальности изучаемого временного промежутка. 2024 г. был выбран как последний полный год на момент написания работы.

В целях автоматизированного сбора данных использовалось специальное программное обеспечение для осуществления парсинга.

Результаты исследования

В результате сбора данных и их дальнейшей обработки была получена информация по количеству публикаций с упоминанием в названиях, ключевых словах и аннотациях каждой из тысячи отобранных технологий. Полный объем собранной информации за 2024 и 2019 гг. привести невозможно, далее будут представлены наиболее значимые из результатов.

Наибольшее число упоминаний в научных публикациях в 2024 г. приходится на 30 технологий, представленных на рис. 1. Можно заметить, что если в 2019 г. в названиях, ключевых словах и аннотациях доминировали «компьютеры», «информационные технологии» и «Интернет», то в 2024 г. все первые позиции занимают понятия, связанные с искусственным интеллектом (машинное обучение, нейросети, глубокое обучение, ИИ), и только следом идут бывшие лидеры. Цифровые технологии также усилили позиции, но их скачок в сравнении с искусственным интеллектом уже имеет намного меньшую амплитуду. Технологии реального сектора занимают только следующие позиции, при этом чередуясь с понятиями, напрямую относящимися или родственными с ИИ, а также с цифровизацией. Ведущие позиции занимают технологии, чаще ассоциируемые с промышленностью, такие как лазеры, роботы, моделирование в промышленности, а также медицинские технологии и направления, такие как импланты, неврология, генетические тесты и генная терапия. Только ко второй половине представленного рейтинга из 30 наиболее упоминаемых технологий и инноваций относится одно понятие из энергетики (солнечная энергия) и один инновационный материал (графен).

Ниже представлено распределение упоминаний, начиная с тех, число которых наиболее сильно вы-

росло за 5 лет в относительном выражении, при этом в 2024 г. в абсолютном выражении оно составляет не менее 100 (для исключения понятий с редким числом упоминаний, подверженных по этой причине высокой волатильности) (рис. 2). Процент рассчитывался исходя из разницы результатов 2024 и 2019 г., деленной на результаты 2019 г. Все из 30 перечисленных понятий в 2024 г. упоминались минимум в 4 раза чаще, чем в 2019 г.

Большинство технологий и инноваций, представленных здесь, ранее не были представлены в предыдущем рейтинге (кроме ИИ и *LLM*), так как текущее распределение представляет не понятия, наиболее укрепившиеся в научной литературе в абсолютном выражении и находящиеся на пике популярности в научной среде, а молодые зарождающиеся тренды, большинство из которых в абсолютном выражении пока не доминируют. Можно заметить, что и в этом случае количественно преобладают различные понятия, связанные с искусственным интеллектом. Однако, помимо них, наиболее значительный рост по числу упоминаний в относительном выражении в рамках базы данных *OpenAlex* проявило понятие «Метавселенная». Также можно заметить, что среди текущего рейтинга намного чаще встречаются упоминания технологий, относящихся к более узкоспециализированным техническим направлениям, что связано со значительным прогрессом в соответству-



Рис. 1. 30 наиболее часто встречающихся названий технологий в научных публикациях (в заголовках, ключевых словах и аннотациях) за 2024 и 2019 г.

ющих сферах. Так, например, в рамках материаловедения в 13 раз увеличилось число упоминаний *MBenes*, в 10 — новых полимеров для медицины и обратимых цинковых анодов, почти в 7 раз — мультикомпонентных сплавов (*MPEAs*), почти в 6 — *Mxene* и в 4 раза — ковалентных органических каркасов (*COFs*). Помимо этого, в несколько раз выросло число упоминаний блокчейн-технологий, таких как стейблкоины и *NFT*, в несколько раз чаще в научных работах стали фигурировать концепции циркулярной экономики и кибербезопасности, а также появляющиеся технологии, такие как *6G*, роботы-строители с ИИ и *3D*-печать еды.

Обсуждение и выводы

Исходя из полученных результатов проведенного библиометрического исследования, можно заметить несколько тенденций, связанных с изменением фокуса внимания ученых, что может быть индикатором значительных изменений в направлении инновационной активности и трансформаций структуры эко-

номики в будущем. При интерпретации результатов библиометрии в рамках анализа инноваций представляется важным отличать действительно усиливающееся внимание к новой технологии в связи с ее развитием или появлением от внедрения в литературу нового названия ранее известной технологии. Безусловным можно назвать выразительный рост внимания к искусственному интеллекту и связанным с ним технологиям, что приводит к вытеснению с лидерских позиций ИКТ. Продолжается, но в меньшей степени, рост внимания к цифровизации. Исходя из текущих трендов, можно сделать предположение, что понятия, связанные с метавселенной и блокчейн-технологиями, в будущем могут встать вровень с искусственным интеллектом, вытеснив по числу упоминаний в научных публикациях ИКТ и цифровизацию. Из технологий реального сектора среди лидеров внимания со стороны научных публикаций представлено несколько промышленных технологий, а по относительному росту числа упоминаний лидируют несколько новых материалов. Тем

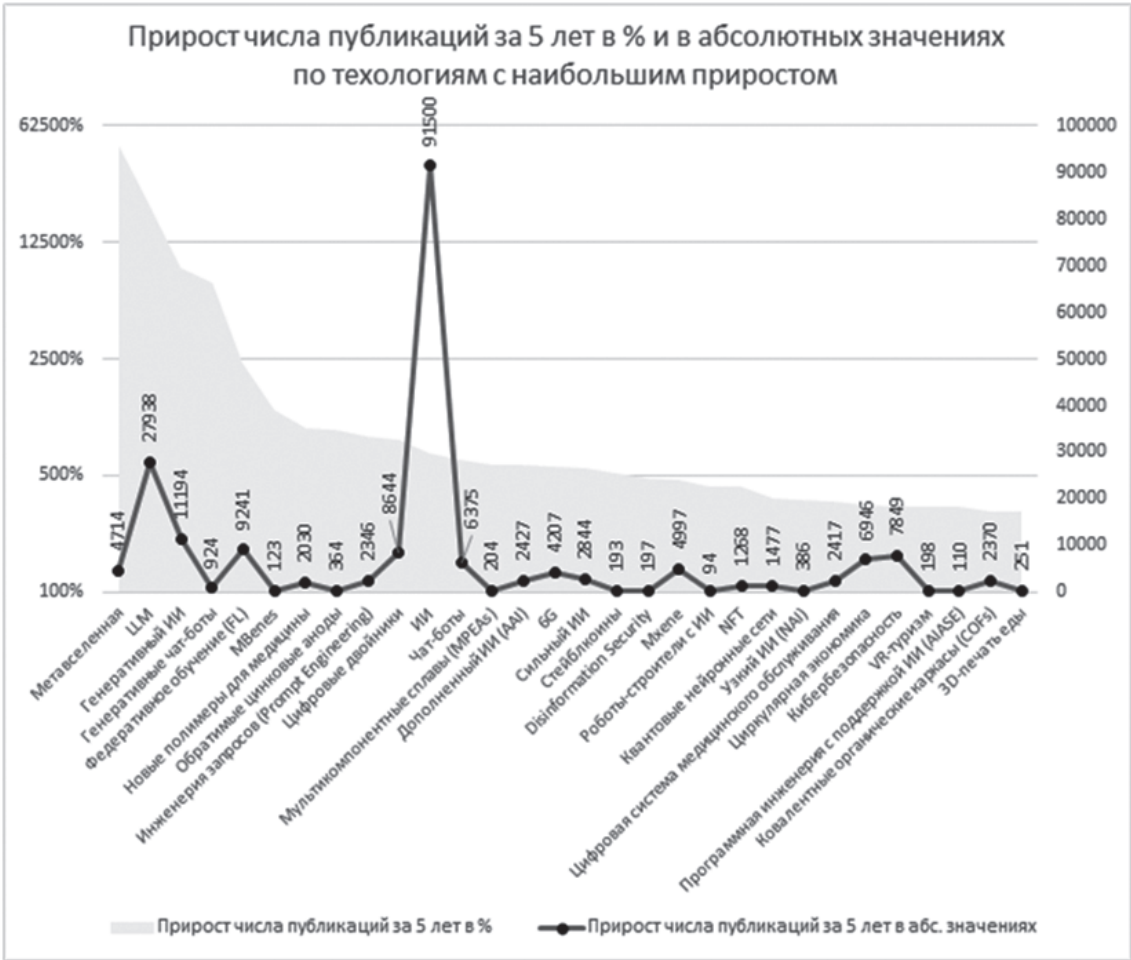


Рис. 2. 30 названий технологий, число упоминаний которых в относительном выражении за последние 5 лет выросло в наибольшей степени. Точечный график указывает изменение в абсолютных значениях, диаграмма с областью — в относительных. Левая ось — изменения в относительных значениях, правая — в абсолютных

не менее среди обоих составленных рейтингов отсутствуют космические технологии, инновации в сельском хозяйстве, практически не представлены строительные и транспортные технологии. Последнее представляется противоречивым явлением — с одной стороны, киберсреда действительно все более тесно проникает в наш мир и ее значение трудно переоценить. С другой стороны, цифровизация и

ИИ, скорее, — сквозные технологии, прилагаемые для развития всех других технологических сфер и отраслей экономики. Недостаток внимания со стороны научного сообщества к реальному сектору может привести к его одностороннему развитию, проявляющемуся в добавлении слов «умный» и «цифровой» и соответствующих свойств, но с замедленным развитием других характеристик.

Литература

1. Редькина Н.С. Российская наука в системе открытых научных знаний OPENALEX [Текст] / Н.С. Редькина // Управление наукой: теория и практика. — 2024. — Т. 6. — № 4. — С. 86–104.
2. Borner K. Atlas of science: Visualizing what we know. Mit Press, 2010.
3. Callon M., Rip A., Law J. (ed.). Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world. Springer, 1986.
4. Christensen C.M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
5. Eurostat. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. OECD publishing, 2018.
6. Garfield E. Citation analysis as a tool in journal evaluation: Journals can be ranked by frequency and impact of citations for science policy studies. Science, 1972, vol. 178, no. 4060, pp. 471–479.
7. Narin F. et al. Evaluative bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity. Cherry Hill, NJ: Computer Horizons, 1976, vol. 252.
8. Price D.J.D.S. Networks of scientific papers: The pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. Science, 1965, vol. 149, no. 3683, pp. 510–515.
9. Small H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for information Science, 1973, vol. 24, no. 4, pp. 265–269.
10. Van Eck N., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 2010, vol. 84, no. 2, pp. 523–538.

References

1. Redkina N.S. (2024). Rossijskaja nauka v sisteme otkrytykh nauchnykh znanij OPENALEX. Upravlenie naukoj: teorija i praktika, 2024, vol. 6, no. 4, pp. 86–104. (in Russian)
2. Borner K. Atlas of science: Visualizing what we know. Mit Press, 2010.
3. Callon M., Rip A., Law J. (ed.). Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world. Springer, 1986.
4. Christensen C. M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
5. Eurostat. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. OECD publishing, 2018.
6. Garfield E. Citation analysis as a tool in journal evaluation: Journals can be ranked by frequency and impact of citations for science policy studies. Science, 1972, vol. 178, no. 4060, p. 471–479.
7. Narin F. et al. Evaluative bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity. Cherry Hill, NJ: Computer Horizons, 1976, vol. 252.
8. Price D.J.D.S. Networks of scientific papers: The pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. Science, 1965, vol. 149, no. 3683p, p. 510–515.
9. Small H. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for information Science, 1973, vol. 24, no. 4, pp. 265–269.
10. Van Eck N., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 2010, vol. 84, no. 2, pp. 523–538.