Дата поступления рукописи в редакцию: 02.06.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 30.06.2026 г.
DOI: 10.24412/3034-4271-2026-3-86-89

МАГАСУМОВ Анир Ревнерович,
аспирант,
Пермский государственный национальный исследовательский университет,
e-mail: anirmagasumov@gmail.com

РАЗВИТИЕ ОБЛАЧНЫХ И EDGE-ТЕХНОЛОГИЙ КАК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ РЫНКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Аннотация. *Экспоненциальный рост объемов машинного трафика и ужесточение требований к задержкам передачи сигнала делают традиционные централизованные дата-центры недостаточно эффективными. По существу, телекоммуникационная индустрия вплотную подошла к этапу серьезной архитектурной перестройки. Между тем, в профильной литературе и корпоративной практике наблюдается фундаментальное противоречие. Так, признавая технологическую неизбежность масштабирования граничных вычислений (Edge Computing), эксперты не имеют единого мнения касательно механизмов монетизации этих капиталоемких сдвигов. Операторы рискуют остаться в низкомаржинальной нише провайдеров базовой инфраструктуры (отраслевая ловушка «dumb pipe»), уступая основную добавленную стоимость независимым поставщикам конечных цифровых приложений. Целью в статье является анализ конвергенции облачных платформ и EDGE-решений как главного драйвера структурных преобразований телеком-рынка. Резюмировано, что для удержания финансовой рентабельности провайдерам связи очень важно диверсифицировать операционную модель. В частности, аргументирована необходимость перехода к парадигме «Периферия как услуга» в синергии с алгоритмами локального предиктивного управления радиосетью. По-видимому, лишь агрессивное выстраивание собственных интеллектуальных B2B-экосистем на базе распределенных микро-ЦОДов защитит телеком-компании от жесткой коммодитизации их продуктов. Изложенный аналитический материал и сформулированные рекомендации окажутся полезными для менеджмента корпораций связи, ИТ-директоров, государственных регуляторов технологического сектора.*

Ключевые слова: *граничные вычисления, инвестиционная стратегия, облачные платформы, периферийная инфраструктура, телекоммуникационная отрасль, цифровая экосистема, экономическая эффективность.*

MAGASUMOV Anir Revnerovich,
Graduate student,
Perm State National Research University

THE DEVELOPMENT OF CLOUD AND EDGE TECHNOLOGIES AS A DRIVER OF TRANSFORMATION IN THE TELECOMMUNICATIONS MARKET

Annotation. *The exponential growth of machine-generated traffic and increasingly stringent latency requirements render traditional centralized data centers insufficiently efficient. In essence, the telecommunications industry has reached a stage of profound architectural transformation. At the same time, a fundamental contradiction can be observed in both academic literature and corporate practice. While acknowledging the technological inevitability of scaling edge computing, experts lack a consensus regarding the monetization mechanisms of these capital-intensive shifts. Telecommunications operators risk being confined to a low-margin niche as providers of basic infrastructure—the so-called "dumb pipe" trap—while ceding the bulk of value creation to independent providers of end-user digital applications. The purpose of this article is to analyze the convergence of cloud platforms and edge solutions as a key driver of structural change in the telecommunications market. It is concluded that, in order to maintain financial sustainability, service providers must diversify their operating models. In particular, the transition toward the "Edge-as-a-Service" paradigm, combined with local predictive radio network management algorithms, is substantiated. It appears that only the proactive development of proprietary intelligent B2B ecosystems based on distributed micro data centers can protect telecom companies from the severe commoditization of their products. The analytical insights and recommendations presented in the paper are intended to be of practical value for telecommunications executives, IT directors, and public regulators in the technology sector.*

Key words: *edge computing; investment strategy; cloud platforms; edge infrastructure; telecommunications industry; digital ecosystem; economic efficiency.*

Введение

Современная экономика переживает этап цифровизации, в котором телекоммуникационная отрасль выступает не просто в качестве провайдера связи, а как фундаментальный инфраструктурный базис для всех секторов. На фоне экспоненциального увеличения объемов генерируемых данных и ужесточения требований к скорости их обработки привычные централизованные «архитектуры» хранения и вычислений демонстрируют признаки исчерпания своей результативности. По сути, рынок телекоммуникаций сталкивается с необходимостью серьезных структурных преобразований. Именно развитие облачных технологий и концепции граничных вычислений (Edge Computing) становится ключевым драйвером рассматриваемой эволюции.

Периферийные вычисления, в рамках которых предполагается децентрализованная обработка информации в непосредственной близости от источника ее возникновения, в синергии с масштабируемыми облачными платформами, открывают новые опции для индустрии. Между тем, научный дискурс относительно влияния описываемых инноваций на бизнес-модели операторов связи, их инвестиционные стратегии, конкурентоспособность остается фрагментированным. Автор данной статьи нацелен на анализ развития облачных и EDGE-разработок как фундаментального фактора перестраивания рынка телекоммуникаций.

Материалы и методы

В современных источниках развитие облачных и EDGE-технологий рассматривается через сочетание технологического, рыночного, стратегического подходов к динамике телекоммуникационной отрасли. В.А. Петров, А.П. Долгов, Я.И. Полтавский, А.С. Тонких, Е.Ю. Авксентьева, В.С. Сарафанников, В.В. Шабуня, В.В. Билан, Т.Г. Васильева анализируют отраслевые тренды, высвечивая роль цифровизации, распределенных вычислений в повышении результативности инфраструктуры связи [1-3]. Т.В. Шустова раскрывает сущность облачных технологий и их функциональное значение для обработки, хранения информации [4]. В материалах M. Dey, R. Jambhale, а также в аналитических обзорах рынка EDGE-компьютинга, внимание акцентируется на динамике роста, масштабировании распределенных вычислений, снижении задержек как ключевых драйверах внедрения [5-7]. Отраслевые отчеты по телекоммуникационному рынку отражают нюансы влияния анализируемых технологий на конкурентную среду и бизнес-модели операторов связи [8]. Прикладной аспект представлен кейсами digital-трансформации телеком-компаний, где облачные и EDGE-решения рассматриваются как основа для внедрения новых сервисов, повышения клиентской ценности [9].

Выбор упомянутых публикаций продиктован их репрезентативностью в отражении как теоретико-технологических основ, так и практических рыночных эффектов внедрения облачных и EDGE-технологий. Это помогает комплексно раскрыть их роль в преобразовании отрасли.

При подготовке статьи использованы методы системного и сравнительного анализа, обобщения аналитических и статистических сводок, что обосновано необходимостью синтеза разнородных источников (от научных публикаций до отраслевых отчетов, практических кейсов).

Результаты и обсуждение

Граничные вычисления (edge computing, периферийные) – это парадигма распределенных вычислений, осуществляемых в пределах досягаемости конечных устройств. Данный тип используется для сокращения времени сетевого отклика, а также более эффективного использования пропускной способности сети. Облачные (cloud computing) – модель обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам – как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру.

В классической парадигме предоставления цифровых услуг магистральные сети связи строились по иерархическому принципу, где основная вычислительная нагрузка и хранение массивов информации концентрировались в гипермасштабируемых центрах обработки (ЦОД). Вместе с тем, по ходу развития концепции Интернета вещей (IoT) и массового внедрения протоколов 5G характеризуемый подход продемонстрировал свои фундаментальные технические ограничения. В сопоставлении с более ранними централизованными системами, концепция Multi-access Edge Computing (MEC) опирается на перенос интеллектуальных функций непосредственно в сеть радиодоступа (RAN), то есть, максимально близко к конечному потребителю. По существу, это дает возможность существенно снизить нагрузку на транспортные каналы, поскольку в удаленное облако отправляются не сырые информационные потоки, а лишь предварительно отфильтрованные метаданные. Как представляется, именно этот архитектурный сдвиг закладывает надежную основу для монетизации сверхнадежных сервисов с низким уровнем задержки (URLLC), которые очень важны для роботизированных производственных линий, систем автономного пилотирования транспортных средств [1; 3; 4].

Мировая индустрия децентрализованных вычислений находится в фазе экспоненциального расширения. Согласно актуальным оценкам про-

фильных аналитических агентств, прогнозируемые показатели демонстрируют коммерческий потенциал: ожидается, что к 2033 году капитализация анализируемого сегмента достигнет 114,4 млрд долларов США при консервативном сценарии развития (CAGR 22,4%). А оптимистичные математические модели предсказывают преодоление отметки в 327,7 млрд долларов США с ежегодным темпом роста около 33,0% [6; 7].

Примечательно, что телекоммуникационные корпорации выступают в качестве одних из ключевых инвесторов в профильную инфраструктуру. Предположительно, к 2027 году ведущие операторы связи будут ежегодно направлять порядка 11,6 млрд долларов США исключительно на поддержку и развертывание связанных с периферией сетевых технологий. На изменение парадигмы инвестирования указывает тот факт, что уже в 2024 году почти 50% всех новых развертываний ИТ-инфраструктуры в мире локализовывалось именно на границе сети [5]. А это наглядно иллюстрирует отход бизнеса от традиционного доминирования крупных централизованных платформ (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ моделей обработки данных в телеком-индустрии (составлено автором)

Параметр	Облачные платформы (Cloud)	Граничные вычисления (Edge Computing)
Локализация обработки данных	Централизованные дата-центры, существенно удаленные от конечного пользователя	Распределенные микро-ЦОДы на границе сети (вблизи источника генерации информации)
Уровень задержки	Умеренный или высокий (напрямую зависит от физической удаленности узла)	Сверхнизкий (снижение времени отклика на величину до 90% по сравнению с облаком) [5]
Затраты на магистральный трафик	Большие – вследствие необходимости постоянной передачи тяжелых массивов данных	Оптимизированные, по-скольку в «ядро» сети передаются лишь обработанные метаданные
Фокус практического применения	Сложная предиктивная аналитика, обучение моделей ИИ, долгосрочное архивирование	Работа в режиме реального времени, промышленный IoT, Edge AI, автономная робототехника
Вектор масштабируемости	Глобальный; практически не ограничен физическими пределами сервера	Локальный. Он жестко ограничен аппаратными мощностями и энергоэффективностью узла

Глубокая интеграция облачных и EDGE-решений уже сегодня весомо преобразует операционные процессы ведущих мировых акторов. Внедренные машинные модели способны с высокой точностью обнаруживать сетевые отклонения, автоматически оптимизировать маршрутизацию, предотвращая масштабные аварии до момента их фактического возникновения [2; 9].

На российском рынке связи наблюдаются схожие, хотя и обладающие выраженной национальной спецификой, технологические тенденции. Ведущие отечественные операторы («Ростелеком» и ПАО «МТС») делают стратегическую ставку на развитие региональных вычислительных кластеров, облачных архитектур (Cloud-native подходов) [8]. В реалиях действующих внешних ограничений локализация ИТ-оборудования в сочетании с суверенной разработкой микросервисного программного обеспечения, служат важнейшими факторами повышения устойчивости цепочек поставок. По-видимому, перенос сложных ИТ-процессов ближе к корпоративным пользователям в удаленных регионах Российской Федерации помогает как неукоснительно соблюдать строгие регуляторные требования по обработке информации, так и обеспечивать требуемое качество связи (QoS) на огромной территории страны.

Заключение

Перед подведением итогов исследования целесообразно сформулировать авторские рекомендации, целевое назначение которых состоит в нивелировании инвестиционных рисков при модернизации инфраструктуры и решении острой проблемы коммодитизации связи. Новизна вносимых предложений выражается в обосновании перехода телеком-провайдеров от устаревающей концепции «безликой трубы» (dumb pipe) к проактивной модели управления распределенной цифровой ценностью.

Во-первых, операторам следует диверсифицировать бизнес-модели через полномасштабное внедрение парадигмы «Периферия как услуга». Предоставление комплексных отраслевых B2B-решений для промышленного сектора и «умных городов», по-видимому, позволит претендовать на наиболее маржинальную часть цепочки создания стоимости.

Во-вторых, разумным видится форсирование интеграции алгоритмов машинного обучения непосредственно в периферийные узлы для формирования самооптимизирующихся сетей, которые способны предиктивно предотвращать аварии, снижать операционные издержки.

В-третьих, для российского ИТ-рынка очень важно создание долгосрочных консорциумов между операторами и государством (с целью разработки суверенных аппаратно-программных комплексов, что надежно устраняет риски технологической зависимости).

Резюмируем, что форсированное развитие облачных платформ и технологий граничных вычислений представляет собой не рядовой эволюционный шаг, а фундаментальный сдвиг в парадигме функционирования рынка телекоммуникаций. Современные операторы связи неуклонно превращаются из привычных поставщиков магистральных каналов в комплексных провайдеров высокотехнологичных экосистем. Синергия централизованного облака и децентрализованной EDGE-инфраструктуры обеспечивает индустрии беспрецедентное снижение сетевых задержек, оптимизацию пропускной способности. При этом создается надежный базис для развертывания важнейших приложений Интернета вещей.

В перспективе дальнейшие научные изыскания целесообразно сориентировать на глубокое изучение аспектов кибербезопасности распределенных архитектур; на оценку энергоэффективности разворачиваемых микро-ЦОДов.

Список литературы:

[1] Петров В.А., Долгов А.П., Полтавский Я.И. Контейнеризация и облачные технологии: как ускорить разработку и автоматизировать развертывание // Нанотехнологии: наука и производство. 2025. № 3. С. 62-68.

[2] Тонких А.С., Авксентьева Е.Ю. Угрозы безопасности в облачных технологиях и методы их устранения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 1-2 (88). С. 232-238.

[3] Сарафанников В.С., Шабуня В.В., Билан В.В., Васильева Т.Г. Тренды развития отрасли связи // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2024. Т. 9. № 9 (47). С. 64-69.

[4] Шустова Т.В. Сети и облачные технологии // Педагогические практики для внедрения инновационных решений. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары: 2024. С. 135-138.

[5] Dey M., Jambhale R. Edge Computing Statistics By Market And Trend (2026) // Bayelsa Watch - Statistics and Facts About AI and Technology. URL: https://bayelsawatch.com/edge-computing-statistics/ (дата обращения: 21.03.2026).

[6] Edge Computing Market (2025 – 2033) // Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc. URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/edge-computing-market (дата обращения: 21.03.2026).

[7] Edge Computing Market Overview // Market Research Company, Reports and Consulting Services | IMARC. URL: https://www.imarcgroup.com/edge-computing-market (дата обращения: 21.03.2026).

[8] Russia Telecom Market Size, Trends Analysis 2032 by Key Vendors- Rostelecom, Mobile TeleSystems (MTS), MegaFon, TransTeleCom (TTK) // OpenPR. URL: https://www.openpr.com/news/4346704/russia-telecom-market-size-trends-analysis-2032-by-key-vendors (дата обращения: 21.03.2026).

[9] 10 Digital Transformation in Telecom Case Studies [2026] // DigitalDefynd. URL: https://digitaldefynd.com/IQ/digital-transformation-in-telecom-case-studies/ (дата обращения: 21.03.2026).

References:

[1] Petrov V.A., Dolgov A.P., Poltavskiy Ya.I. Containerization and cloud technologies: how to speed up development and automate deployment // Nanotechnology: science and production. 2025. No. 3. pp. 62-68.

[2] Tonkikh A.S., Avksentyeva E.Yu. Security threats in cloud technologies and methods for their mitigation // International journal of humanitarian and natural sciences. 2024. No. 1-2 (88). pp. 232-238.

[3] Sarafannikov V.S., Shabunya V.V., Bilan V.V., Vasilyeva T.G. Development trends in the communications industry // International journal of information technology and energy efficiency. 2024. Vol. 9. No. 9 (47). pp. 64-69.

[4] Shustova T.V. Networks and Cloud Technologies // Pedagogical Practices for the Implementation of Innovative Solutions. Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Cheboksary: 2024. pp. 135-138.

[5] Dey M., Jambhale R. Edge Computing Statistics By Market And Trend (2026) // Bayelsa Watch - Statistics and Facts About AI and Technology. URL: https://bayelsawatch.com/edge-computing-statistics/ (accessed: March 21, 2026).

[6] Edge Computing Market (2025 – 2033) // Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc. URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/edge-computing-market (accessed: March 21, 2026).

[7] Edge Computing Market Overview // Market Research Company, Reports and Consulting Services | IMARC. URL: https://www.imarcgroup.com/edge-computing-market (access date: 03/21/2026).

[8] Russia Telecom Market Size, Trends Analysis 2032 by Key Vendors- Rostelecom, Mobile TeleSystems (MTS), MegaFon, TransTeleCom (TTK) // OpenPR. URL: https://www.openpr.com/news/4346704/russia-telecom-market-size-trends-analysis-2032-by-key-vendors (access date: 03/21/2026).

[9] 10 Digital Transformation in Telecom Case Studies [2026] // DigitalDefynd. URL: https://digitaldefynd.com/IQ/digital-transformation-in-telecom-case-studies/ (accessed: 21.03.2026).