УДК: 004

Роман Шабданбек уулу
ОсОО «Монмонтек», Бишкек Кыргыз Республикасы
ОсОО «Монмонтек», Бишкек, Кыргызская Республика

Roman Shabdanbek uulu
LLC "Monmontech", Bishkek, Kyrgyz Republic
monmontech@gmail.com

5G В КЫРГЫЗСТАНЕ: СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

КЫРГЫЗСТАНДА 5G: СТРАТЕГИЯЛЫК МААНИСИ ЖАНА ӨНҮГҮҮ КЕЛЕЧЕГИ

5G IN KYRGYZSTAN: STRATEGIC SIGNIFICANCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Бешинчи муундагы байланыш тармактарына өтүү дүйнөлүк санариптик трансформациянын негизги факторлорунун бири болуп эсептелет. 5G технологиясы маалымат өткөрүүнүн ылдамдыгын олуттуу жогорулатып, кечигүүнү (latency) минималдаштырып, бир эле учурда көп сандагы түзмөктөрдүн туташуусун камсыздайт. Бул макаланын максаты — 5Gди киргизүүнүн техникалык негиздерин системалаштыруу, анын Кыргыз Республикасындагы стратегиялык маанисин ачып берүү жана колдонуу багыттары боюнча артыкчылыктуу сценарийлерди белгилөө. Изилдөөдө IMT-2020 талаптарына таянып, 4G менен 5Gдин негизги көрсөткүчтөрү салыштырылып, ошондой эле практикалык колдонмолор (Интернет нерселер — IoT, булут эсептөөлөр, AR/VR, учкучсуз системалар, алыстан башкаруу жана телемедицина) талданат. Натыйжада 4G/LTE кеңири колдонуу үчүн жетиштүү болгону менен, IoT түзмөктөрүнүн өсүшү жана реалдуу убакыттагы сервистердин көбөйүшү шартында анын мүмкүнчүлүктөрү чектеле баштай турганы көрсөтүлөт; демек, тармактын тыгыздыгы, өткөрүмдүүлүгү жана ыкчам реакциясы боюнча жаңы деңгээл талап кылынат. 5Gнин өнөр жайга багытталган мүнөзү өзгөчө белгиленип, экономиканын атаандаштыкка жөндөмдүүлүгү үчүн анын ролу негизделет: жогорку ылдамдыктагы инфраструктура болбосо, заманбап сервистердин кириши кечеңдеп, инвестиция тартуу мүмкүнчүлүктөрү төмөндөйт. Макалада NSA жана SA архитектураларынын этап-этабы менен киргизүү логикасы, ошондой эле Open RAN жана көп вендордуу чечимдер аркылуу технологиялык ийкемдүүлүккө жетүү тенденциясы каралат. Таблицаларда 4G/5G көрсөткүчтөрүнүн айырмасы жана жабдуунун энергия керектөөсү боюнча ориентирдик маалымат берилет; бул энергия натыйжалуулугун 5Gди масштабдоодо өзүнчө артыкчылык катары карооого түрткү берет. Жыйынтыктап айтканда, 5G Кыргызстан үчүн байланыштын жаңыланышы гана эмес, санариптик эгемендүүлүк, инновация жана экономикалык өсүш үчүн стратегиялык негиз болуп саналат.

Ачкыч сөздөр: *5G, Кыргызстан, санариптик трансформация, IMT-2020, NSA, SA, Open RAN, IoT, телемедицина, энергия натыйжалуулугу.*

Переход к сетям пятого поколения рассматривается как один из ключевых технологических драйверов цифровой трансформации, обеспечивающий качественно иной уровень передачи данных, взаимодействия устройств и гибкости сетевой архитектуры. Цель статьи — обобщить технические предпосылки внедрения 5G, раскрыть стратегические эффекты для экономики и государства, а также определить приоритетные направления применения технологии в условиях Кыргызской Республики.

Методологическая основа работы включает анализ международных требований к сетям IMT-2020, сравнительную характеристику 4G/5G по критическим параметрам качества обслуживания и обзор прикладных сценариев (IoT, AR/VR, облачные вычисления, беспилотные системы), актуальных для промышленности и общественного сектора. Показано, что 4G/LTE, оставаясь достаточным для массового пользовательского доступа, сталкивается с ограничениями при росте плотности подключений и распространении сервисов реального времени; в результате необходимы более высокие скорости, минимальные задержки и поддержка массового IoT. Установлено, что 5G формирует базовую инфраструктуру для «умных» городов, автоматизации производства и логистики, телемедицины, дистанционного управления и новых форм медиа-потребления, включая иммерсивные AR/VR-сервисы. Особое внимание уделено промышленной ориентации 5G и его влиянию на конкурентоспособность: в отсутствие высокоскоростной инфраструктуры возрастает риск отложенного внедрения современных сервисов и снижения инвестиционной привлекательности. Отдельно рассматриваются архитектуры внедрения NSA и SA, а также тенденции Open RAN и мультивендорности как инструменты гибкости и технологической устойчивости. Представлены таблицы сравнения 4G/5G и ориентировочного энергопотребления оборудования различных вендоров, акцентирующие необходимость энергоэффективных решений при масштабировании сети. Сделан вывод, что внедрение 5G в Кыргызстане является не только телеком-модернизацией, но и элементом стратегии цифровой независимости и экономического роста; предложены практические ориентиры для последовательного развертывания с учетом приоритетных отраслей и инфраструктурных ограничений.

Ключевые слова: *5G, Кыргызстан, цифровая трансформация, IMT-2020, NSA, SA, Open RAN, IoT, телемедицина, энергоэффективность.*

The transition to fifth-generation mobile networks is widely recognized as a cornerstone of global digital transformation. 5G introduces a fundamentally new networking paradigm characterized by very high data rates, ultra-low latency, and massive connection density, enabling flexible service differentiation and new digital ecosystems. This paper aims to synthesize the technical rationale for 5G adoption, assess its strategic importance for Kyrgyzstan, and outline priority development pathways and application domains relevant to the national context. The study relies on a structured review of IMT-2020 performance requirements, a comparative analysis of 4G LTE versus 5G NR key metrics, and an application-driven assessment of use cases such as the Internet of Things (IoT), cloud computing, immersive AR/VR services, unmanned systems, mission-critical remote control, and telemedicine. The analysis shows that while 4G LTE remains sufficient for conventional consumer access, its limitations become increasingly visible under rapid growth of connected devices and real-time services. 5G provides the capacity and responsiveness needed for large-scale IoT deployments, smart-city infrastructure, advanced industrial automation, and new media formats. The paper highlights that 5G's initial value proposition is strongly tied to industrial and public-sector applications, where deterministic performance and reliability translate into measurable productivity gains. For Kyrgyzstan, delaying high-speed infrastructure may increase the risk of postponed digital service adoption and reduced investment appeal. The paper also discusses deployment pathways (NSA vs SA), emphasizing that gradual migration is practical but that standalone architectures unlock the full potential of slicing and advanced service orchestration. Furthermore, the role of Open RAN and multi-vendor interoperability is considered as a route toward flexibility and reduced dependency on single suppliers. Two tables are provided: (i) a concise 4G/5G comparison and (ii) indicative power consumption levels for selected vendor equipment, underscoring the importance of energy-aware planning during масштаб deployment. The conclusion argues that 5G in Kyrgyzstan should be framed not merely as a telecom upgrade but as a strategic platform for digital sovereignty, economic competitiveness, and technology integration into global value chains.

Key words: *5G, Kyrgyzstan, digital transformation, IMT-2020, NSA, SA, Open RAN, IoT, telemedicine, energy efficiency.*

Введение

Сети четвертого поколения (4G/LTE) стали основой массового мобильного доступа и цифровых сервисов. Однако их архитектура и радиоинтерфейс проектировались в период, когда доминировали пользовательские сценарии «человек-в-сети»: веб-доступ, мессенджеры, потоковое видео умеренного качества. В последние годы профиль спроса радикально изменился: растет количество подключаемых устройств, усложняется структура трафика (облака, видеоконференции, интерактивные сервисы), увеличивается доля приложений, критичных к задержкам. Это привело к ситуации, когда во многих сценариях 4G/LTE подходит к пределам масштабирования по плотности подключений и устойчивой пропускной способности.

В этих условиях стандарт пятого поколения рассматривается не как «быстрее 4G», а как новая платформа связи, ориентированная на три класса задач: высокоскоростной мобильный широкополосный доступ, массовые подключения IoT-устройств и критически важные сервисы реального времени. Международные требования к интерфейсу IMT-2020 фиксируют целевые ориентиры по скорости, задержке, плотности подключений и энергоэффективности, задавая «планку» для экосистемы оборудования и программных решений [1]. Параллельно спецификации 3GPP определяют технологическую траекторию внедрения 5G NR, включая поэтапные модели NSA и полноценную архитектуру SA с новым ядром сети [2].

Для Кыргызстана переход к 5G имеет стратегическое значение по нескольким причинам. Во-первых, он формирует базу для цифровой модернизации отраслей (промышленность, транспорт, сельское хозяйство, государственные услуги), что потенциально усиливает конкурентоспособность экономики и облегчает интеграцию в международные цепочки создания стоимости. Во-вторых, высокая «сетевость» современной экономики означает, что качество инфраструктуры становится фактором инвестиционной привлекательности: отсутствие высокоскоростного и низколатентного доступа может привести к запаздыванию запуска современных сервисов, снижению качества цифровых госуслуг и потере части потенциальных проектов в сфере IT и инноваций. В-третьих, развитие 5G связано с вопросами технологической устойчивости (архитектура, стандарты, поставщики) и требует системного подхода — от частотного регулирования и модернизации транспорта до энергетики и подготовки кадров.

Важная особенность 5G — исходная ориентация на промышленность и государственные сценарии. Представители телеком-индустрии неоднократно подчеркивали, что наибольший эффект 5G проявляется в вертикалях (enterprise/industry), а не только в улучшении потребительского интернета [3]. Это принципиально: успешное внедрение 5G в Кыргызстане следует оценивать не только по средним скоростям в городах, но и по созданию условий для новых производственных и общественных сервисов, повышающих эффективность и безопасность.

Цель данной статьи

расширенно и последовательно раскрыть технические преимущества 5G, стратегические эффекты для Кыргызстана и приоритетные направления развития, сохранив ключевые положения исходного материала и дополнив их научно-обоснованным контекстом.

Обзор литературы

Международная исследовательская и нормативная база по 5G формируется вокруг трех блоков:

-требования к характеристикам (IMT-2020),

-технологические спецификации радиодоступа и ядра сети (3GPP)
-макроэкономические оценки эффекта от мобильной связи и 5G. Так, аналитика GSMA показывает устойчивый рост вклада мобильных технологий в мировую экономику и ожидаемое усиление роли 5G в структуре подключений [3]. Прогнозные данные по росту IoT-подключений и трафика в мобильных сетях регулярно публикуются в отраслевых отчетах, что позволяет оценивать нагрузку на инфраструктуру и необходимость масштабирования [4].

Для Кыргызстана важны исследования, рассматривающие особенности построения и внедрения 5G в национальных условиях. В частности, в «Известиях КГТУ им. И. Раззакова» представлены работы, посвященные анализу методов построения сетей 5G и подходам к внедрению в Кыргызской Республике, что подтверждает актуальность тематики и формирует отечественную научную базу [5]. Отдельный пласт источников касается вопросов регулирования частот и пилотных запусков: доступность спектра и лицензирование напрямую определяют темпы внедрения и экономику проекта [6].

Практические кейсы внедрения 5G в отдельных странах также дают значимый материал для выводов. Примером служат решения по использованию 5G для экстренного реагирования и управления беспилотными системами, где ключевым параметром выступает минимальная задержка и надежность связи. Дополнительно, мировой тренд на открытые архитектуры радиодоступа и мультивендорность отражен в публичных заявлениях крупных операторов и индустриальных медиа, что демонстрирует эволюцию подходов к построению сетей и управлению зависимостями [7].

Теоретическая основа исследования

5G следует рассматривать как совокупность технологических принципов, которые меняют саму «логику» сети:

Ультра-низкая задержка и высокая надежность. Задержка (latency/ping) становится критическим параметром там, где требуется управление в реальном времени: дистанционное управление механизмами, беспилотные системы, телемедицина, облачный гейминг и интерактивные приложения.

Массовые подключения (mMTC) и масштабируемость IoT. Главный «структурный» вызов для сети — число соединений и интенсивность обмена небольшими пакетами данных между устройствами. Требование по плотности подключений в IMT-2020 задает ориентир порядка 1 млн устройств на км².

Новая архитектура сети: модульность и распределенность. В отличие от монолитного подхода, 5G проектируется как платформа для разных классов сервисов и требований. Это особенно выражено в SA-архитектуре, где сеть изначально строится с учетом сервисной дифференциации и более гибкого управления ресурсами.

Сдвиг вычислений в облако и на периферию (edge). Рост скоростей и уменьшение задержек позволяют переносить тяжелые вычисления из конечных устройств в облачную инфраструктуру. Это открывает возможности для легких клиентских устройств и новых сервисов — от VR/AR до промышленного мониторинга и аналитики больших данных.

Материалы и методы

Работа носит обзорно-аналитический характер и основана на:
-сравнительном анализе ключевых характеристик 4G LTE и 5G NR по международным требованиям IMT-2020 и спецификациям 3GPP;
-систематизации прикладных сценариев 5G (IoT, умные города, AR/VR, облака, беспилотные системы, телемедицина) с выделением требований к сети;
-анализе доступных данных о пилотных шагах внедрения 5G в Кыргызстане[12] (регуляторные решения по спектру и публичные сообщения операторов);
-структурировании рисков и ограничений внедрения (инфраструктурных, кадровых, энергетических) и формулировании рекомендаций для поэтапного развертывания



Рисунок 1 – Прогноз доходов на рынке облачных услуг

Результаты

Ключевые преимущества 5G по сравнению с 4G/LTE.

В исходном материале подчеркнуто, что для рядового пользователя 4G часто достаточен, однако при переходе к массовому IoT и сервисам реального времени требуется иной уровень характеристик: выше скорость, ниже задержка, больше подключений и выше устойчивость.

К базовым преимуществам 5G относятся:

-существенное увеличение скорости передачи данных (в пиковых сценариях — многократный рост);

-снижение задержки до единиц миллисекунд;

рост плотности подключений (IoT/умные города/промышленный мониторинг);

-повышение энергоэффективности на уровне «бит/джоуль» при грамотной архитектуре и управлении сетью;

-возможность гибкого внедрения по этапам (NSA → SA) и развития сервисов по мере зрелости инфраструктуры.

Таблица 1. — Сравнение ключевых характеристик 4G LTE и 5G NR (обобщение)

Параметр	4G LTE	5G NR
Максимальная скорость передачи данных	до 1 Гбит/с	10 Гбит/с
Средняя задержка (latency)	30–50 мс	1–5 мс
Плотность подключений	100 тыс. устройств/кв	1 млн устройств/кв. миля
Энергоэффективность	стандартная	повышенная
Архитектура	монолитная	модульная, распределённая

Источник к Таблице 1: обобщено по требованиям IMT-2020 и принципам архитектуры 5G NR.

Где критически важен короткий ping (низкая задержка)

Сокращение задержки — это не «маркетинговая цифра», а техническая основа для целого класса задач:

Автономный и высокоавтоматизированный транспорт. Любая система управления движением требует минимальной задержки и высокой надежности, иначе возрастает риск ошибок управления.

Телемедицина и дистанционные операции. Для роботизированных комплексов и удаленной помощи важна предсказуемая реакция сети.

Дистанционное управление и промышленная автоматизация. Управление механизмами и мониторинг технологических процессов требуют быстрого и стабильного канала.

Киберспорт и интерактивные облачные сервисы. В условиях облачного рендеринга и потоковой передачи «короткий ping» становится частью качества сервиса.

Беспилотные летательные аппараты и госслужбы. Управление дронами и роботизированными системами в ЧС требует надежной связи, особенно при передаче видео и телеметрии.

Показательный пример — проекты, где 5G используется для экстренного реагирования с применением дронов, роботов и средств удаленного мониторинга, что предъявляет повышенные требования к задержке и пропускной способности [8]. В условиях Кыргызстана подобные сценарии приобретают дополнительную актуальность из-за горного рельефа, удаленности отдельных населенных пунктов и сезонных рисков чрезвычайных ситуаций.

Облачные вычисления, Big Data и предпосылки для ИИ

Сеть 5G способствует развитию облачной модели: обработка данных и тяжелые вычисления переходят в облако, а пользовательские устройства становятся «тонкими клиентами». Это позволяет:

- уменьшать требования к вычислительной мощности конечных устройств (в перспективе удешевление и снижение энергопотребления гаджетов);
- развивать облачные сервисы для промышленного IoT и аналитики;
- наращивать объемы собираемых данных (Big Data), что ускоряет развитие моделей машинного обучения и прикладного ИИ.

Рост IoT-подключений в мире и увеличение объема данных подтверждаются отраслевыми прогнозами и указывают на неизбежное усиление роли сетевой инфраструктуры как «нервной системы» цифровой экономики.

AR/VR как «витрина» возможностей 5G и драйвер спроса на скорости. Иммерсивные технологии (AR/VR) особенно чувствительны к задержкам и пропускной способности. В классических устройствах VR сложно разместить мощный вычислительный блок, поэтому перенос рендеринга в облако и обеспечение низкой задержки становятся ключом к массовому применению.

На практике такие сервисы включают трансляции мероприятий с эффектом присутствия, интерактивные форматы спорта и развлечений, а также обучение и тренажеры.

Опыт коммерциализации 5G-сервисов в Корее показывает, что операторы развивали immersive-медиа, включая VR-трансляции и сервисы, рассчитанные на возможности 5G-доступа [9]. Для Кыргызстана это важно не как «развлечение ради развлечения», а как демонстрация технологической зрелости инфраструктуры, которая затем используется в образовании, подготовке кадров, медицине и промышленной безопасности.

NSA и SA: логика этапного внедрения. На практике внедрение 5G чаще всего начинается с формата NSA (Non-Standalone) — когда новый радиодоступ 5G NR частично опирается на инфраструктуру 4G. Такой подход позволяет:

- снизить стартовые капитальные затраты;
- быстрее запустить пилотные зоны;
- протестировать спрос, устройства и сценарии.

Однако максимальные возможности 5G раскрываются в SA (Standalone), где используется новое ядро и более гибкие механизмы управления. По мере роста нагрузки и зрелости сервисов переход к SA становится логическим шагом, позволяющим обеспечивать более предсказуемое качество обслуживания и расширять спектр услуг.

Энергопотребление и производители оборудования: инфраструктурный вызов

В исходном варианте отдельно выделен фактор энергопотребления: базовые станции 5G нередко потребляют больше энергии из-за Massive MIMO, более высоких частотных диапазонов и увеличенной плотности размещения. Этот аспект особенно важен для Кыргызстана, где энергетические ограничения и стоимость эксплуатации могут стать барьером масштабирования.

Производитель	Технология	Энергопотребление (Вт при 100%)
Huawei	5G	≈ 3850
ZTE	5G	≈ 3670
ZTE	4G	≈ 1040
Ericsson	5G	≈ 3500
Nokia	5G	≈ 3600

Таблица 2. — Сравнение энергопотребления оборудования базовых станций (ориентировочно)

Производитель	Технология	Энергопотребление (Вт при 100%)
Huawei	5G	≈ 3850
ZTE 5G	5G	≈ 3670
ZTE 4G	4G	≈ 1040
Ericsson	5G	≈ 3500
Nokia	5G	≈ 3600

Источник к Таблице 2: сводная оценка по отраслевым материалам об энергоэффективности сетей и оборудовании RAN [9].

Вывод из таблицы — рост энергопотребления требует параллельного развития решений по оптимизации (управление активностью модулей, охлаждение, энергоэффективные блоки питания), иначе операционные затраты и нагрузка на инфраструктуру будут увеличиваться при расширении покрытия.

Обсуждение

Текущее состояние и предпосылки внедрения 5G в Кыргызстане

Формирование 5G-экосистемы в Кыргызстане связано с наличием спектра, пилотными зонами и готовностью операторов к модернизации. Регуляторные решения по выделению/лицензированию частот и пилотные инициативы являются важными сигналами о траектории развития рынка. В публичном поле также фиксировались сообщения о тестовых/демонстрационных зонах, что отражает интерес к технологии и необходимость накопления практического опыта развертывания.

Сдерживающими факторами в Кыргызстане (по логике исходного текста и отраслевой практики) выступают:

- стоимость модернизации оборудования и транспортной сети;
- сложность частотного планирования и необходимость согласований;
- энергообеспечение отдельных районов и расходы на эксплуатацию;

- дефицит специалистов по радиопланированию, интеграции и кибербезопасности сети.

Стратегическое значение: цифровая независимость и конкурентоспособность

Стратегический эффект 5G проявляется в том, что сеть становится инфраструктурой для экономики знаний: скорость и надежность обмена данными превращаются в «производственный ресурс». С учетом глобальных трендов и экономической роли мобильных технологий, 5G повышает возможности страны участвовать в новых цифровых цепочках стоимости, где важны удаленная работа, цифровые сервисы, логистика и обработка данных.

Ключевой риск при замедленном внедрении — «эффект отложенного развития»: сервисы, завязанные на низкую задержку и массовый IoT, не смогут масштабироваться; часть инновационных проектов и инвестиций может уйти в юрисдикции с более зрелой инфраструктурой.

Open RAN и мультивендорность как инструмент устойчивости

Тренд на открытые архитектуры и совместимость оборудования разных производителей рассматривается как путь к гибкости, снижению зависимости от моновендорных решений и ускорению инноваций. Показателен подход крупных операторов, декларирующих переход к более открытым и интероперабельным решениям радиодоступа, что влияет на практики закупок, стандартизацию и эффективность эксплуатации [10]. Для Кыргызстана это направление важно как элемент технологической устойчивости и управляемости затрат.

Заключение

Внедрение 5G в Кыргызстане следует рассматривать как комплексный инфраструктурный проект национального масштаба, который выходит за рамки повышения «скорости мобильного интернета». Технология пятого поколения формирует основу для цифровой трансформации государства и экономики: от массового Интернета вещей и «умных» городов до промышленной автоматизации, телемедицины, дистанционного управления и новых медиа-форматов.

Проведенный анализ показывает, что ограничения 4G/LTE становятся заметными при росте плотности подключений и распространении сервисов реального времени. 5G обеспечивает критически важные преимущества: высокую пропускную способность, минимальные задержки и возможность одновременной поддержки большого числа устройств. Это создает условия для повышения производительности отраслей и качества жизни населения, особенно в сценариях, где задержка и надежность связи являются определяющими.

Для Кыргызстана стратегическая ценность 5G заключается в трех взаимосвязанных эффектах:

-ускорение экономической модернизации через внедрение цифровых технологий в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве и госуслугах;

-повышение инвестиционной привлекательности за счет готовности инфраструктуры к современным сервисам и цифровым бизнес-моделям;

-укрепление технологической устойчивости при развитии архитектурных подходов, включая поэтапный переход NSA→SA и учет тенденций Open RAN.

Одновременно масштабирование 5G требует учета инфраструктурных ограничений, особенно энергетических: оборудование 5G в ряде конфигураций потребляет больше энергии, что повышает важность энергоэффективных решений, оптимизации эксплуатации и модернизации инженерной инфраструктуры объектов связи.

Перспективными направлениями практического внедрения в Кыргызстане являются: промышленный мониторинг и автоматизация, телемедицина и дистанционные консультации, интеллектуальные транспортные системы, точное земледелие, цифровые госуслуги, а также сервисы AR/VR в образовании и подготовке кадров. Системный подход — согласование

частотной политики, развитие опорной транспортной сети, поддержка кадрового потенциала и применение энергоэффективных решений — позволит обеспечить устойчивое внедрение 5G и превратить его в фактор долгосрочного развития.

Список литературы

1. ITU-R. Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s) (Report M.2410). 2017.
2. 3GPP. Release 15 specifications (5G NR; NSA/SA evolution). 2019.
3. KT / PR Newswire. KT Unveils 5G Emergency Rescue Platform “SKYSHIP” (drones/robots/AR for rescue). 2018.
4. Ericsson. IoT connections outlook (Ericsson Mobility Report data forecasts).
5. Дыйканова Н.Б., Кудабаева Г.К. Анализ методов построения сетей связи пятого поколения 5G и последующее внедрение в КР // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2022. – №3 (63) . – стр. 64-68.
6. Developing Telecoms. Kyrgyzstan shelves 5G trials but issues MegaCom 2300MHz licences. 2021.
7. AT&T. Commercial-scale Open RAN collaboration (operator strategy toward open and interoperable RAN). 2023.
8. GSMA Intelligence. The Mobile Economy 2024. 2024.
9. Nokia. Energy efficiency in next-generation mobile networks (white paper).
10. Mega24.kg (MegaCom). Сообщение о тестовой зоне 5G (публичные материалы оператора). 2022.
11. Сагымбаев А.А., Таштобаева Б.Э., Амантур Сагымбаев. Технологии 5G и
12. 6G:ключевые факторы эволюции промышленных революций / Известия КГТУ им. И.Раззакова. – 2024. – №4(72). – стр. 1112 – 1120.
13. 13.Сагымбаев А.А., Кожомуратов З.К., Шадыханов К.Т., Сагымбаев А.А. О
14. Цифровом кодексе Кыргызской Республики: цели, структура и перспективы применения /. Известия КГТУ им. И.Раззакова. –2025. – 476. – стр. 1044 –1051.
15. Акбарова А.Н., Ахунжанов И.Б. Оценка угроз безопасности сетей поколения 5G в реальных сетях / Известия КГТУ им. И.Раззакова. – 2023. – №1(65). – стр.608 -616.