

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК: 621.396.96:614.894:502.131.1.

Сагымбаев М.А.

доктор медицинских наук, профессор,
академик Национальной академии наук Кыргызской Республики

Сагымбаев А.А.

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Института физики им.Ж.Жеенбаева НАН КР

Токонов А.Т.

кандидат технических наук, доцент Кыргызского государственного
технического университета им. И.Раззакова

Сагымбаев Амантур А.

инженер сетевых операций Облачного провайдера «IaaS RackCorp»

**БУДУЩЕЕ С 5G:
ОТ МЕДИЦИНСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ****Сагымбаев М.А.**

медицина илимдеринин доктору, профессор,
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын академиги

Сагымбаев А.А.

техникалык илимдердин доктору, профессор, Ж.Жеенбаев атындагы
Физика институтунун башкы илимий кызматкери,
Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясы

Токонов А.Т.

техникалык илимдердин кандидаты, доцент,
И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети

Сагымбаев Амантур А.

«IaaS RackCorp» булуттуу провайдеринин тармактык операциялар боюнча инженери

**5G МЕНЕН КЕЛЕЧЕК:
МЕДИЦИНАЛЫК КООПСУЗДУКТАН ТУРУКТУУ ӨНҮГҮҮГӨ ЧЕЙИН****Sagymbaev M.A.**

Doctor of Medical Sciences, Professor, academician of the National Academy
of Sciences of the Kyrgyz Republic

Sagymbaev A.A.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Zheenbaev Institute
of Physics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

Tokonov A.T.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at I. Razzakov
Kyrgyz State Technical University

Sagymbaev Amantur A.

Network Operations Engineer at the Cloud Provider "IaaS RackCorp"

**THE FUTURE WITH 5G: FROM MEDICAL SAFETY
TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы внедрения технологий 5G, начиная с медицинских аспектов безопасности до их влияния на устойчивое развитие. Освещены

вопросы воздействия электромагнитного излучения на здоровье человека, включая медицинские рекомендации и меры предосторожности. Особое внимание уделено социальным и экономическим аспектам, таким как сокращение цифрового разрыва, улучшение доступа к образованию и здравоохранению, развитие умных городов и энергоэффективных технологий. Представлены вызовы, связанные с кибербезопасностью и инфраструктурой, а также рекомендации для успешного внедрения 5G, направленные на достижение целей устойчивого развития.

Ключевые слова: 5G, медицинская безопасность, устойчивое развитие, цифровой разрыв, кибербезопасность, умные города, энергоэффективность, здравоохранение, образование.

Abstract. The article explores the prospects of implementing 5G technologies, spanning from medical safety aspects to their impact on sustainable development. It highlights the effects of electromagnetic radiation on human health, including medical recommendations and precautionary measures. Special attention is given to social and economic aspects such as bridging the digital divide, improving access to education and healthcare, developing smart cities, and energy-efficient technologies. The study addresses challenges related to cybersecurity and infrastructure while providing recommendations for the successful integration of 5G to achieve sustainable development goals.

Keywords: 5G, medical safety, sustainable development, digital divide, cybersecurity, smart cities, energy efficiency, healthcare, education.

Аннотация. Бул макалада 5G технологияларын ишке киргизүүнүн келечеги каралат, медициналык коопсуздуктан баштап, алардын туруктуу өнүгүүгө тийгизген таасири талданат. Электромагниттик нурлануунун адам ден соолугуна тийгизген таасири, медициналык сунуштар жана сактык чаралары баяндалган. Айрыкча, социалдык жана экономикалык аспектилерге көңүл бурулуп, санариптик ажырымды кыскартуу, билим берүүгө жана саламаттыкты сактоого жеткиликтүүлүктү жакшыртуу, акылдуу шаарларды өнүктүрүү жана энергияны үнөмдөөчү технологияларды киргизүү маселелери каралган. Ошондой эле, киберкоопсуздук жана инфратүзүм маселелери менен байланышкан чакырыктар жана 5G технологиясын ийгиликтүү ишке ашыруу үчүн туруктуу өнүгүү максаттарына жетүүгө багытталган сунуштар берилген.

Негизги сөздөр: 5G, медициналык коопсуздук, туруктуу өнүгүү, санариптик ажырым, киберкоопсуздук, акылдуу шаарлар, энергияны үнөмдөө, саламаттыкты сактоо, билим берүү.

Введение. В современном мире технологии мобильной связи пятого поколения (5G) становятся неотъемлемой частью цифровой трансформации, изменяя подходы к коммуникациям, экономике и социальной жизни общества. Сети 5G обеспечивают высокую скорость передачи данных, минимальные задержки и возможность подключения сверхбольшого количества устройств. Эти характеристики открывают беспрецедентные возможности для инноваций в здравоохранении, образовании, транспорте, промышленности и других сферах [1]. Однако столь быстрый технологический прогресс вызывает вопросы, связанные с безопасностью, энергоэффективностью и социальными последствиями [2].

Одной из ключевых тем является воздействие 5G на здоровье человека. Использование миллиметровых волн, ранее не применявшихся в массовых телекоммуникациях, требует изучения их долгосрочного влияния на организм. Одновременно, 5G влияет на такие аспекты, как устойчивое развитие, цифровое неравенство, улучшение качества образования и здравоохранения, а также социально-экономическое развитие [3].

Технологии пятого поколения также играют важную роль в достижении целей устойчивого развития (ЦУР), таких как сокращение углеродного выброса вредных веществ, оптимизация энергопотребления и повышение доступности ключевых услуг. Однако внедрение этих технологий связано

с определенными вызовами: обеспечением кибербезопасности, развитием инфраструктуры в удаленных регионах и повышением осведомленности населения [4].

Цель исследования - провести междисциплинарный анализ перспектив, рисков и вызовов, связанных с внедрением 5G, и предложить рекомендации по их эффективной интеграции. Работа основывается на международных научных исследованиях, данных о внедрении 5G в разных странах и прогнозах до 2030 года [5].

В ходе исследования будут рассмотрены следующие аспекты:

- воздействие 5G на здоровье человека: классификация излучения и медицинские рекомендации;
- технические и экологические аспекты: энергоэффективность и снижение углеродного выброса вредных веществ в атмосферу;
- социально-экономические перспективы: сокращение цифрового разрыва, развитие образования и здравоохранения;
- роль 5G в достижении ЦУР и примеры успешного внедрения;
- прогнозы и перспективы технологий 5G до 2030 года.

Этот подход позволяет систематизировать накопленные данные и предложить рекомендации, направленные на минимизацию рисков и максимизацию выгод для общества.

1. Классификация электромагнитного излучения и его особенности.

Электромагнитное излучение (ЭМИ) играет ключевую роль в функционировании современных технологий беспроводной связи, включая сети 5G. Разделение на ионизирующее и неионизирующее излучение имеет фундаментальное значение для оценки их потенциального воздействия на здоровье человека. В этом разделе подробно рассматриваются основные характеристики этих

видов излучения и особенности электромагнитных волн, используемых в сетях пятого поколения.

Ионизирующее излучение обладает достаточной энергией для выбивания электронов из атомов, что может приводить к изменению молекулярных структур и повреждению ДНК. К ионизирующим излучениям относятся:

- рентгеновские лучи;
- гамма-излучение;
- ультрафиолетовые волны высокой мощности.

Воздействие ионизирующего излучения связано с такими рисками, как развитие онкологических заболеваний, мутации и необратимыми повреждениями тканей. Именно поэтому его применение строго регулируется международными стандартами [6].

Неионизирующее излучение включает радиоволны, микроволны, инфракрасное и видимое излучение. Его энергия недостаточна для разрушения химических связей, что делает его менее опасным по сравнению с ионизирующим излучением [7].

Сети 5G работают в диапазоне неионизирующего излучения:

- сантиметровые волны (УВЧ) с частотой: от 3 до 6 ГГц;
- миллиметровые волны (ММ): 26–28 ГГц.

Особенности воздействия сантиметровых и миллиметровых излучений:

- слабое проникновение в ткани организма;
- низкий уровень энергии, неспособный вызывать повреждения молекулярной структуры ткани. Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) подтверждает, что частоты, используемые в 5G, безопасны при соблюдении стандартов [8,9].

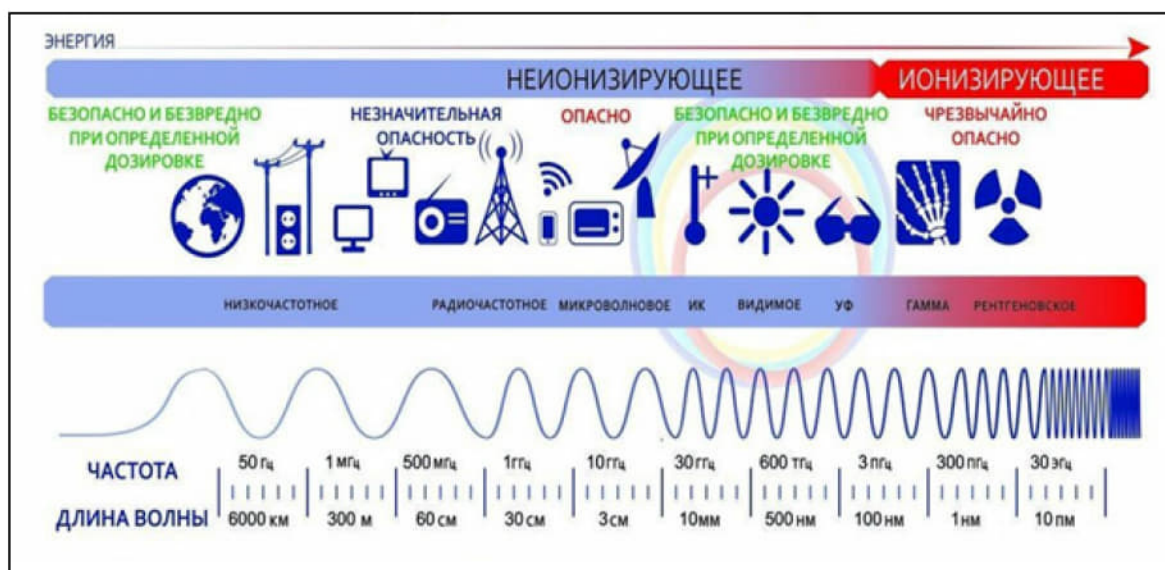


Рис.1. Ионизирующее и неионизирующее излучение

Миллиметровые волны (26-28 ГГц) обладают следующими характеристиками:

- маленький радиус распространения миллиметровых волн, ограничивающий использование этих волн в радиусе 100-200 метров;
- при кратковременном воздействии на поверхностные слои кожи человека, каких-либо реакций не вызывает, однако вопросы при длительном воздействии миллиметровых волн на организм человека остаются открытыми [10].

Поэтому, несмотря на ограниченное проникновение, ученые продолжают исследовать возможные последствия для иммунных клеток, находящихся в верхних слоях эпидермиса.

Для защиты здоровья населения установлены строгие нормативы допустимого воздействия электромагнитного излучения. Ключевыми организациями, занимающимися этими вопросами являются:

- Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) [8];
- Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) [11].

Принимаемые этими организациями нормативно-правовые акты определяют допустимые уровни воздействия электромагнитных излучений на живой организм и основаны на многочисленных исследованиях, подтверждающих безопасность излучения

при соблюдении установленных стандартов.

2. Влияние электромагнитного излучения 5G на здоровье человека.

Сети пятого поколения используют электромагнитное излучение в диапазоне неионизирующих волн (рис.1), включая сантиметровые волны с частотой от 3 до 6 ГГц и миллиметровые волны с частотой от 26 до 28 ГГц [12,13] и эти радиоволны распространяются согласно законам геометрической оптики. Другими словами, радиоволны распространяются прямолинейно и отсутствуют эффекты огибания радиоволнами естественных препятствий. Поэтому, при использовании ММ радиоволн, требуется большое количество базовых станций, что вызывает вопросы об их безопасности.

Научные исследования последнего десятилетия сосредоточены на анализе влияния УВЧ и ММ радиоволн на здоровье человека.

Основные направления включают:

- риск развития онкологических заболеваний: крупнейшее исследование Национальной программы токсикологии США не выявило доказательств связи радиоволн 5G с развитием опухолей [14];
- влияние на нервную систему: данные показывают отсутствие значительных изменений в когнитивных и нейродегенеративных процессах при использовании устройств в рамках международных стандартов безопасности [15];

- репродуктивное здоровье: исследования на животных указывают на возможное временное снижение репродуктивной функции при воздействии высоких уровней излучения, которые значительно превышают допустимые нормы для пользователей 5G [16].

3. Медицинские рекомендации и меры предосторожности при использовании технологий 5G.

Технологии 5G безопасны при соблюдении установленных норм, однако медики и инженеры рекомендуют дополнительно внедрять практические меры для минимизации рисков. Основные рекомендации включают:

- соблюдение международных стандартов: уровни излучения должны соответствовать нормативам ICNIRP и ВОЗ [1-4,17];
- просвещение пользователей: информирование населения о безопасном использовании мобильных устройств;
- мониторинг электромагнитного фона: регулярные проверки излучения в общественных местах, таких как школы и больницы, являются необходимостью [18].

Использование мобильных устройств с поддержкой 5G должно сопровождаться соблюдением следующих правил:

- гарнитуры и громкая связь: это снижает уровень радиочастотного воздействия на мозг, особенно при длительных разговорах [19];
- ограничение времени использования: уменьшение продолжительности взаимодействия с устройством снижает суммарное воздействие излучения;
- избегать зон с плохим покрытием: в условиях слабого сигнала устройство увеличивает мощность передачи, что может превышать допустимый уровень излучения [20];
- правильное хранение устройства: рекомендуется держать телефон подальше от тела, особенно в режиме активного соединения.

Операторы связи выполняют ключевую роль в обеспечении безопасности сетей 5G. Для этого они должны соблюдать определенные меры техники безопасности, которые включают:

- оптимальное размещение базовых станций: установка на безопасном расстоянии от жилых зданий и социальных объек-

тов, таких как школы и больницы [21];

- регулярный радиомониторинг: проверка уровня излучения базовых станций для соблюдения нормативов;

- программы информирования: операторы связи должны активно разъяснять преимущества и безопасность 5G для пользователей [22].

Государственные структуры обязаны обеспечивать законодательное и инфраструктурное сопровождение внедрения технологий 5G:

- создание нормативно-правовой базы: установление допустимых уровней электромагнитного излучения на основе международных стандартов;
- контроль за операторами связи: регулярные проверки и сертификация инфраструктуры 5G;
- национальные программы радиомониторинга: внедрение систем радиомониторинга, обеспечивающих постоянный контроль электромагнитного фона [23].

Хотя современные стандарты безопасности доказали свою эффективность, ученые подчеркивают необходимость дальнейших исследований:

- длительное воздействие ММ волн: нужны наблюдения за воздействием технологий 5G на здоровье человека в течение 10 - 15 лет;
- интеграция новых технологий: внедрение квантового шифрования и систем мониторинга для минимизации потенциальных рисков [23].

4. Перспективы внедрения технологий 5G и их развитие до 2030 года.

На 2024 год технологии 5G широко внедряются во многих странах мира, обеспечивая доступ более чем 1,5 миллиарда пользователей [24].

Основные тенденции текущего этапа включают:

- расширение инфраструктуры: основное внимание уделяется созданию сетей в городских зонах и промышленных районах;
- интеграция IoT: интернет вещей активно использует 5G, увеличивая эффективность в здравоохранении, транспорте и промышленности [25];
- масштабирование базовых станций: высокие частоты 5G требуют значительного

увеличения числа базовых станций, особенно в зонах плотной застройки [26].

Сферы применения технологий 5G продолжают расширяться. Среди новых направлений можно выделить:

- телемедицина: технологии позволяют проводить удаленные консультации, операции и мониторинг пациентов в реальном времени, особенно в отдаленных регионах;
- автономные транспортные системы: низкая задержка 5G способствует развитию беспилотных автомобилей, улучшая координацию между транспортными средствами;
- умные города: интеграция 5G помогает оптимизировать управление инфраструктурой, энергопотреблением и безопасностью.

По прогнозам, к 2030 году технологии 5G станут повсеместно доступными и будут активно поддерживать цифровую трансформацию. Основные направления развития включают:

- глобальное покрытие: ожидается, что 5G охватит до 75% мирового населения [27];
- переход к 6G: разработки в области шестого поколения связи начнут интегрироваться, предлагая еще более высокую скорость и стандарты безопасности [28];
- минимизация энергопотребления: внедрение энергоэффективных технологий уменьшает воздействие на окружающую среду.

Несмотря на успехи, процесс внедрения 5G сталкивается с рядом вызовов:

- киберугрозы: рост подключенных устройств увеличивает риски утечек данных и кибератак. Требуется усовершенствованные системы защиты [29];
- инфраструктурные барьеры: сложности планирования и установки базовых станций в труднодоступных и густонаселенных районах остаются актуальными;
- социальная адаптация: необходима популяризация технологий среди населения и устранение цифрового разрыва.

Для достижения максимального потенциала 5G необходимы:

- инвестиции в инфраструктуру: государственная поддержка и международное сотрудничество помогут преодолеть существующие барьеры;
- образовательные инициативы: подго-

товка и повышение квалификации специалистов для работы с новыми технологиями должны стать приоритетом;

- обращать особое внимание на кибербезопасность: разработка новых стандартов и методов защиты данных;
- энергоэффективные решения: внедрение технологий с минимальным энергопотреблением, снижающих общий экологический вред.

5. Технологии 5G: социальные и экономические перспективы. Внедрение технологий 5G оказывает значительное влияние на мировую экономику, стимулируя рост и развитие различных секторов. По данным GSMA Intelligence, вклад 5G в глобальную экономику может достичь 2,2 трлн долларов к 2030 году [30]. Основные экономические преимущества внедрения 5G включают:

- создание рабочих мест: 5G стимулирует рост занятости в телекоммуникациях, производстве оборудования и разработке программного обеспечения;
- повышение производительности: высокая скорость передачи данных и минимизация задержек способствуют внедрению инновационных решений, оптимизируя бизнес-процессы;
- освоение новых рынков: технологии 5G способствуют появлению продуктов и услуг в таких сферах, как искусственный интеллект, дополненная и виртуальная реальность и автоматизация производственных процессов.

Несмотря на значительные перспективы, внедрение 5G сопровождается рядом вызовов:

- высокая стоимость внедрения: строительство инфраструктуры требует значительных инвестиций, что усложняет процесс внедрения 5G для развивающихся стран;
- киберугрозы: увеличение числа подключенных устройств создает новые риски для защиты данных;
- углубление цифрового неравенства: различия в доступе к технологиям между регионами с разным уровнем инфраструктуры могут усугубиться.

Для успешного внедрения 5G рекомендуются:

- инвестиции в инфраструктуру: государ-

ственная поддержка проектов по расширению покрытия сети в сельских и удаленных регионах;

- партнерство государства и бизнеса: совместные инициативы позволяют распределить финансовую нагрузку и ускорить развитие инфраструктуры;

- образовательные программы: подготовка специалистов для работы с новыми технологиями станет основой для устойчивого роста.

Технологии 5G обладают огромным потенциалом для стимулирования социального и экономического развития. Однако их успешное внедрение требует комплексного подхода, включающего инвестиции, инновации и международное сотрудничество. Эти технологии способны улучшить качество жизни, сократить цифровой разрыв и создать новые экономические возможности.

6. Технологии 5G и их влияние на устойчивое развитие. Технологии 5G занимают важное место в достижении глобальных целей устойчивого развития, установленных ООН. Эти технологии поддерживают переход к экологически безопасным практикам, повышают энергоэффективность и способствуют созданию инклюзивного цифрового общества. Основные направления влияния 5G включают:

- снижение углеродного выброса: оптимизация энергопотребления и снижение выбросов парниковых газов через применение умных технологий;

- расширение доступа к ключевым услугам: повышение качества и доступности образования, здравоохранения и коммунальных услуг для населения [4].

Одним из ключевых преимуществ 5G является его вклад в улучшение энергоэффективности:

- энергоэффективные базовые станции: по данным ITU, сети 5G потребляют на 20-30% меньше электроэнергии на переданный бит данных по сравнению с сетями 4G [31];

- умное управление энергией: использование 5G для оптимизации энергопотребления в умных зданиях и городах, включая управление освещением и климат-контролем;

- поддержка возобновляемой энергети-

ки: технологии 5G обеспечивают мониторинг и управление солнечными и ветровыми станциями в реальном времени, увеличивая их эффективность.

Технологии 5G играют ключевую роль в адаптации к изменениям климата:

- оптимизация транспорта: системы управления движением на основе 5G снижают заторы, сокращая выбросы CO₂ [5];

- сельское хозяйство: умное управление ресурсами (вода, удобрения) через IoT-устройства на базе 5G повышает урожайность и минимизирует вред для окружающей среды.

Несмотря на преимущества, внедрение 5G сопровождается следующими проблемами:

- энергопотребление инфраструктуры: хотя устройства 5G более энергоэффективны, растущее количество базовых станций увеличивает общий уровень энергопотребления [32];

- электронные отходы: обновление оборудования может привести к увеличению объемов электронных отходов, требующих утилизации;

- доступность технологий: в отдаленных регионах требуется значительное финансирование для обеспечения равного доступа к сетям 5G.

Для достижения целей устойчивого развития с использованием технологий 5G необходимы:

- инвестиции в инфраструктуру: расширение сети в сельских и удаленных регионах для обеспечения равного доступа;

- энергоэффективность: разработка стандартов для снижения энергопотребления базовых станций;

- мониторинг экологического воздействия: создание систем оценки экологических последствий внедрения новых технологий;

- международное сотрудничество: реализация совместных программ для обмена опытом и лучшими практиками.

7. Будущее технологий 5G: вызовы и возможности. Технологии 5G продолжают развиваться, формируя основу для дальнейших инноваций в телекоммуникациях. Основные направления их эволюции включают:

- глобальное расширение: к 2030 году ожидается, что 5G покроет до 75% мирового населения, включая развивающиеся страны [32];

- переход к 6G: исследования в области технологий шестого поколения включают интеграцию квантового шифрования и искусственного интеллекта, что повысит безопасность и эффективность сетей [28];

- гибридные сети: развитие систем, сочетающих гибриды 5G и 6G для обеспечения высокой скорости передачи данных и устойчивости соединений.

Технологии 5G стимулируют внедрение новых решений:

- искусственный интеллект (ИИ): использование ИИ для управления сетями повышает их производительность, прогнозирует нагрузку и минимизирует задержки;

- квантовые технологии: внедрение квантового шифрования обеспечивает новый уровень безопасности данных, что особенно важно для стратегически значимых объектов;

- автономные системы: развитие беспилотных транспортных средств и роботизированных систем с минимальной задержкой сигнала улучшает логистику и транспортную инфраструктуру.

Эффективное развитие технологий 5G невозможно без международной координации. Основные направления включают:

- унификация стандартов: совместная работа ITU и IEEE над глобальными стандартами для оборудования и протоколов связи;

- исследовательские проекты: реализация международных программ для изучения долгосрочных эффектов внедрения 5G;

- поддержка развивающихся стран: финансирование инфраструктурных проектов для сокращения цифрового разрыва.

Для преодоления вызовов и реализации потенциала 5G рекомендуется:

- развитие инфраструктуры: увеличение инвестиций в строительство базовых станций в отдалённых регионах;

- усиление кибербезопасности: внедрение квантовых технологий и новых стандартов защиты данных;

- просвещение населения: повышение уровня цифровой грамотности через образо-

вательные программы и информационные кампании;

- международное сотрудничество: укрепление связей между странами для совместной реализации крупных телекоммуникационных проектов.

Заключение

Технологии пятого поколения (5G) играют ключевую роль в трансформации телекоммуникационной инфраструктуры, экономики, общества и здравоохранения.

Основные выводы исследования включают:

- технологические достижения: 5G является катализатором инноваций в ключевых секторах, таких как здравоохранение, транспорт, образование и промышленность. Эти технологии обеспечивают высокую скорость передачи данных, минимальную задержку и возможность подключения миллиардов устройств, что открывает новые перспективы для цифровой трансформации;

- медицинские аспекты и безопасность: влияние электромагнитных волн сетей 5G на здоровье человека требует дальнейшего изучения. Современные исследования показывают, что при соблюдении международных стандартов излучение безопасно, однако необходимы дополнительные долгосрочные исследования. Важной задачей остается информирование медицинских специалистов и населения о безопасном использовании технологий 5G и регулярный мониторинг электромагнитного фона;

- социальное и экономическое влияние: внедрение 5G способствует сокращению цифрового разрыва, улучшению доступа к образовательным и медицинским услугам, а также стимулирует экономический рост. По прогнозам, вклад 5G в мировую экономику к 2030 году составит 2,2 трлн долларов США;

- устойчивое развитие: применение технологий 5G помогает достигать целей устойчивого развития, включая снижение углеродного следа, оптимизацию использования ресурсов и улучшение энергоэффективности. Для максимизации положительного эффекта необходимы дополнительные исследования и внедрение энергоэффективных решений, особенно в рамках экологически чувствительных проектов;

- риски и вызовы: основные вызовы включают обеспечение кибербезопасности, устранение цифрового неравенства, мониторинг воздействия на здоровье и снижение общего энергопотребления инфраструктуры. Эти проблемы требуют активного международного сотрудничества, интеграции медицинских рекомендаций и инновационных подходов.

Рекомендации: Для успешной реализации потенциала технологий 5G предлагаются следующие меры:

- развитие инфраструктуры: инвестиции в базовые станции и улучшение сетевого покрытия, включая удалённые и сельские регионы;

- установка систем радиомониторинга уровня электромагнитного излучения в местах скопления людей;

- кибербезопасность: разработка новых стандартов защиты данных, включая квантовые технологии;

- укрепление мер защиты медицинских и социальных данных, передаваемых через сети 5G.

Медицинские рекомендации:

- продвижение образовательных программ для медицинских специалистов по изучению воздействия электромагнитного излучения;

- регулярный радиомониторинг состояния здоровья пользователей мобильных устройств, особенно в группах риска;

- разработка безопасных протоколов использования 5G в медицинских учреждениях.

- повышение осведомлённости: информирование населения о преимуществах 5G, мерах предосторожности и снижении рисков для здоровья;

- публикация открытых данных о результатах исследований воздействия электромагнитных волн.

Международное сотрудничество:

- укрепление связей между странами для обмена опытом, координации исследований и реализации совместных телекоммуникационных проектов;

- создание глобальных инициатив по долгосрочному изучению последствий внедрения 5G для здоровья и экологии.

Технологии 5G обладают значительным потенциалом для повышения качества жизни, трансформации медицины и достижения целей устойчивого развития. Однако их успешное внедрение зависит от комплексного подхода, сочетающего инновации, безопасность, стратегическое планирование и учёт медицинских рекомендаций. Решение ключевых вызовов потребует координации на международном уровне, привлечения инвестиций и реализации просветительских программ, что обеспечит гармоничное внедрение 5G в интересах здоровья и благополучия общества.

Литература:

1. ICNIRP. «Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields». Точка доступа: <https://www.icnirp.org>
2. World Health Organization (WHO). «Electromagnetic fields and public health: Mobile phones and your health». Точка доступа: <https://www.who.int>
3. IEEE. Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields. Точка доступа: <https://www.ieee.org>
4. United Nations. «The Role of 5G in Achieving Sustainable Development Goals». Точка доступа: <https://www.un.org>
5. European Commission. «Green Transport and 5G». Точка доступа: <https://ec.europa.eu>
6. European Commission. «Safety Standards for Electromagnetic Radiation». Точка доступа: <https://ec.europa.eu>
7. WHO. Electromagnetic radiation and its effects on human health. Точка доступа: <https://www.who.int>
8. ICNIRP. «Impact of Non-Ionizing Radiation». Точка доступа: <https://www.icnirp.org>
9. Nature. Electromagnetic Waves and Human Health. Точка доступа: <https://www.nature.com>

10. IEEE. «Characteristics of Millimeter Waves». Точка доступа: <https://www.ieee.org>
11. WHO. «Standards for Non-Ionizing Radiation Exposure». Точка доступа: <https://www.who.int>.
12. ICNIRP. «Characteristics of 5G Electromagnetic Radiation». Точка доступа: <https://www.icnirp.org>.
13. IEEE. «5G Network Characteristics and Health Impacts». Точка доступа: <https://www.ieee.org>.
14. National Toxicology Program (NTP). «Long-Term Effects of Radiofrequency Radiation». Точка доступа: <https://ntp.niehs.nih.gov>.
15. WHO. «Electromagnetic Fields and Cognitive Function». Точка доступа: <https://www.who.int>.
16. ResearchGate. «Reproductive Health and Electromagnetic Waves». Точка доступа: <https://www.researchgate.net>.
17. ICNIRP. «Safety Guidelines for Millimeter Wave Frequencies». Точка доступа: <https://www.icnirp.org>
18. WHO. «Electromagnetic Fields and Public Health: Standards and Regulations». Точка доступа: <https://www.who.int>
19. European Commission. «Recommendations for Safe Mobile Usage». Точка доступа: <https://ec.europa.eu>
20. IEEE. «Mobile Device Usage and Radiation Exposure» Точка доступа: <https://www.ieee.org>
21. FCC. «5G Base Station Placement Guidelines». Точка доступа: <https://www.fcc.gov>
22. Korean Ministry of Science and ICT. «Public Awareness Campaigns for 5G Safety». Accessed from: <https://www.msit.go.kr>
23. Nature. «Quantum Encryption and Future of 5G». Точка доступа: <https://www.nature.com>
24. GSMA Intelligence. «Global 5G Deployment Report». Точка доступа: <https://www.gsmainelligence.com>
25. ITU. «5G and IoT Synergies». Точка доступа: <https://www.itu.int>
26. IEEE. «Autonomous Vehicles and 5G Connectivity». Точка доступа: <https://www.ieee.org>
27. European Commission. «Supporting SMEs with 5G Technology». Точка доступа: <https://ec.europa.eu>
28. О внедрении 6G в Японии: вызовы и возможности. Международный журнал гуманитарных и естественных наук (Россия, Новосибирск). №10-5 (97), 2024, с. 47-53, ISSN 2500-1000 (Print), ISSN 2500-1086 (Online). DOI 10.24412/2500-1000-2024-24-10-47-53. доступ: www.intjurnal.ru.
29. Cybersecurity Ventures. «Addressing Cybersecurity Challenges in 5G». Точка доступа: <https://cybersecurityventures.com>
30. GSMA Intelligence. «Economic Impact of 5G Deployment». Точка доступа: <https://www.gsmainelligence.com>
31. ITU. «Challenges in 5G Deployment». Точка доступа: <https://www.itu.int>
32. International Renewable Energy Agency (IRENA). «Renewable Energy Monitoring Enabled by 5G». Точка доступа: <https://www.irena.org>