

Научный центр «LJournal»

Научный журнал

**Современные достижения
научно-технического прогресса**

№6(17), Ноябрь 2025

Scientific journal
«Modern achievements scientific and technological progress»
November 2025, №6(17)



Самара, 2025

T33

Научный журнал «Современные достижения научно-технического прогресса» №6(17), Ноябрь 2025 – Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2025 – 76 с.

Scientific journal «Modern achievements scientific and technological progress» November 2025, №6(17) – Scientific center "LJournal", Samara, 2025 – 76 pages.

Современные достижения научно-технического прогресса – это научный журнал, в который включены результаты научных исследований из самых важных областей научных знаний.

Периодичность выхода журнала – 6 раз в год. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в журнале, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» – <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

© Scientific center "LJournal"
© The university of additional
professional education

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Чернопятов Александр Михайлович
Кандидат экономических наук, Профессор

Ильященко Дмитрий Павлович
Кандидат технических наук

Андреева Ольга Николаевна
Кандидат филологических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна
Кандидат педагогических наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич
Кандидат юридических наук

Чебыкина Ольга Альбертовна
Кандидат психологических наук

Мирошин Дмитрий Григорьевич
Кандидат педагогических наук, Доцент

Овчинников Евгений Леонтьевич
Кандидат биологических наук

Пузыня Татьяна Алексеевна
Кандидат экономических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы
Доктор философии по техническим наукам

Теплухин Владимир Клавдиевич
Доктор технических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна
Кандидат экономических наук, Доцент

Гуткевич Елена Владимировна
Доктор медицинских наук

Аширапов Баходурджон Пулотович
Кандидат филологических наук, Доцент

Царегородцев Евгений Леонидович
Кандидат технических наук, доцент

Дробот Павел Николаевич
Кандидат физико-математических наук, доцент

Абасова Самира Гусейн кызы
Кандидат экономических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Ерыгина Анна Владимировна
Кандидат экономических наук, Доцент

Петраш Елена Вадимовна
Кандидат культурологии

Ефременко Евгений Сергеевич
Кандидат медицинских наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович
Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович
Доктор биологических наук, Доцент

Лыгин Сергей Александрович
Кандидат химических наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович
Кандидат технических наук, Профессор

Хачатурова Карине Робертовна
Кандидат педагогических наук

Григорьев Михаил Федосеевич
Доктор сельскохозяйственных наук

Ершова Ирина Георгиевна
Кандидат технических наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ	5
Цыбульская В.А. Процесс цифровизации в налоговых органах РФ.....	5
РАЗДЕЛ II. СОЦИОЛОГИЯ	11
Назарова Ю.Ю. Теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними.....	11
РАЗДЕЛ III. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ	17
Керимова А.Р., Савеличева А.Д. Инновационные методы лечения повреждений сухожилий.....	17
Смирнов Д.А. Примеры применения методов электромагнитной резонансной спектроскопии в медицине.....	31
РАЗДЕЛ IV. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	39
Bayramova Z.E., Zeynalova A.B., Ismailova E.A., Guliyeva A.Y., Isgenderova T.A. Hydrogenation of cyclopentadiene in the β -dextrin-nickelporphyrin catalytic system.....	39
Мадатова Ф.З., Агаева К.Х., Исмаилова Д.Г. Активность кобальт содержащих катализаторах в реакции паровой конверсии этанола.....	42
РАЗДЕЛ V. ФИЗИКА	45
Бураго С.Г. Красное смещение от источника света, перемещающегося относительно регистрирующего прибора. Неизвестное о квазарах.....	45
РАЗДЕЛ VI. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	54
Быстряков А.В., Базаров Р.К. Современные технологии искусственного интеллекта.....	54
Кашкаров Р.А., Базаров Р.К. Современные тенденции развития локальных и глобальных вычислительных сетей.....	57
Новиков Д.Ю., Базаров Р.К. Современные технологии контейнеризации при разработке приложений.....	60
Шперов И.А., Кураева Е.А. Графовые базы данных: Как устроены технологии, которые знают, кто ваши друзья.....	63
Шперов И.А., Мартышкин А.И. Проблема развития нейросетей в социальной сфере.....	66
РАЗДЕЛ VII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	69
Гулевич А.И. Природоохранные мероприятия и технологии на морских нефтетерминалах.....	69
РАЗДЕЛ VIII. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ	73
Балушкин Д.А., Магай А.П., Турбанов Р.Г. Современные технологии в стандарте сотовой связи LTE: обзор ключевых новшеств.....	73

РАЗДЕЛ I. ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

Цыбульская В.А.

Процесс цифровизации в налоговых органах РФ

*Уральский государственный экономический университет
(Россия, Екатеринбург)*

Аннотация

Автором рассматривается процесс цифровизации налоговых органов Российской Федерации, правовое регулирование и ключевые аспекты данного процесса. На основе нормативно-правовой базы, проведен анализ регулирования внедрения цифровых технологий в процесс налогового администрирования. Подробно рассмотрены ключевые аспекты цифровизации такие как автоматизация процессов, внедрение искусственного интеллекта и использование блокчейн-технологий. Проанализированы преимущества цифровизации, а также вызовы, связанные с внедрением новых технологий в налоговую сферу. Определены перспективы развития цифровизации в налоговой сфере РФ.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, налоговые органы, налоговое администрирование, автоматизация.

Abstract

The author examines the process of digitalization of tax authorities of the Russian Federation, legal regulation and key aspects of this process. Based on the regulatory framework, an analysis of the regulation of the introduction of digital technologies in the tax administration process is carried out. Key aspects of digitalization such as process automation, the introduction of artificial intelligence and the use of blockchain technologies are considered in detail. The advantages of digitalization, as well as the challenges associated with the introduction of new technologies in the tax sphere are analyzed. The prospects for the development of digitalization in the tax sphere of the Russian Federation are determined.

Keywords: digital transformation, digitalization, tax authorities, tax administration, automation.

В условиях глобализации ведущую роль в развитии всех сфер экономики и государственного управления играют цифровые технологии. Процесс цифровой трансформации затрагивает как частный, так и государственный сектор, способствуя повышению эффективности процессов, автоматизации операций и улучшению взаимодействия между участниками экономической деятельности. Одним из приоритетных направлений в цифровой трансформации государственного управления является налоговое администрирование.

С развитием цифровых технологий налоговые органы активно внедряют инновационные решения, которые дают возможность повысить прозрачность налогового администрирования, свести к минимуму налоговые правонарушения и облегчить работу с налоговыми документами для налогоплательщиков. Интеграция современных технологий, ведет повышению собираемости налогов, снижению уровня теневой экономики и упрощению взаимодействия граждан и бизнеса с налоговыми органами.

Актуальность исследования напрямую связана с необходимостью адаптации налоговой системы к новым реалиям цифровой экономики и динамичным развитием цифровых технологий. Интеграция инструментов цифровой трансформации в налоговую сферу нуждается

в комплексном исследовании их воздействия на налогоплательщиков, государственный бюджет и экономику в целом. Комплексное изучение векторов цифровой трансформации дает возможность анализа ключевых преимуществ и трудностей данного процесса, а также произвести прогнозирование перспектив последующего развития цифрового налогового администрирования в Российской Федерации.

Тема цифровой трансформации налогового администрирования вызывает бурные дискуссии в научных и экспертных кругах. Исследования отечественных авторов акцент сделан на такие элементы как автоматизация налогового контроля, внедрение электронных сервисов для налогоплательщиков и использование аналитических систем на основе больших данных.

Данное исследование основано на теоретическом анализе существующих нормативно-правовых актов, регулирующих процесс цифровизации налоговых органов. Используется метод системного анализа, позволяющий выявить ключевые тенденции и направления цифровой трансформации налоговой системы. В качестве основных источников данных рассматриваются законы, постановления правительства, аналитические отчеты ФНС РФ и публикации в научных журналах.

В научной литературе представлено множество определений термина «цифровизация», отражающих различные подходы к его пониманию. Ниже приведены некоторые из них с указанием авторов и ссылками на соответствующие источники:

Катрин Екатерина Васильевна в статье «Цифровизация: научные подходы к определению термина» отмечает, что цифровизация рассматривается в различных направлениях: правовом, экономическом, психолого-педагогическом, социальном и гуманитарном. Автор анализирует позиции исследователей по определению смыслового содержания данного термина [1].

Кондратьева А.В. и Комахина О.Н. в работе «Цифровизация: исследование основных терминов» рассматривают различные трактовки понятия «цифровизация», применяемые отечественными и зарубежными учёными и предпринимателями, и предлагают авторскую трактовку термина [2].

Набиева Н.Ю. в статье «Цифровизация: понятие и особенности» раскрывает сущность современного процесса цифровизации, проводит сравнительный анализ понятий «цифровая экономика» и «цифровизация», рассматривает трактовки дефиниций с точки зрения различных авторов и нормативных актов [3]

В рамках нашего обсуждения мы придерживаемся определения, согласно которому цифровизация — это процесс внедрения цифровых технологий во все сферы деятельности общества с целью повышения эффективности, сокращения издержек и создания новых возможностей для взаимодействия и развития.

Цифровизация налоговых органов представляет собой процесс внедрения современных информационных технологий и автоматизированных систем в сферу налогового администрирования с целью повышения эффективности управления налоговыми процессами, улучшения взаимодействия с налогоплательщиками и повышения прозрачности фискальной политики.

Основные аспекты цифровизации налоговой системы включают:

- **Автоматизацию налогового администрирования**, которая выражается в переходе на электронный документооборот, цифровое декларирование доходов и внедрение онлайн-сервисов для налогоплательщиков.
- **Использование больших данных и аналитических систем** для мониторинга налоговых операций, прогнозирования налоговых поступлений и выявления налоговых рисков.

- **Применение искусственного интеллекта** в обработке налоговой отчетности, автоматическом выявлении нарушений и анализе налоговых схем.
- **Развитие дистанционных сервисов** и цифровых платформ, позволяющих налогоплательщикам получать консультации, подавать документы и отслеживать налоговую отчетность в режиме реального времени.
- **Интеграция блокчейн-технологий**, обеспечивающих надежную защиту данных, прозрачность налоговых операций и предотвращение мошенничества.

Внедрение цифровых технологий способствует снижению административных барьеров, минимизации человеческого фактора при обработке налоговой информации и повышению уровня доверия граждан к налоговой системе. Кроме того, цифровизация позволяет налоговым органам оперативно выявлять нарушения и повышать эффективность налогового контроля, что в конечном итоге приводит к увеличению налоговых поступлений в бюджет.

Правовое регулирование цифровизации налоговых органов Российской Федерации основывается на комплексном подходе, включающем защиту информации, развитие электронных сервисов и автоматизацию налогового администрирования. Ключевыми нормативно-правовыми актами в данной области являются указы Президента РФ, федеральные законы и постановления правительства.

Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента РФ от 5 декабря 2016 г. № 646, определяет основные угрозы и риски в сфере информационной безопасности, а также меры по их минимизации. В налоговой сфере данный документ акцентирует внимание на необходимости защиты персональных данных налогоплательщиков и предотвращения киберугроз при передаче информации.

Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» закрепляет основные направления цифровой трансформации в России, включая совершенствование информационных систем, развитие электронного взаимодействия между налогоплательщиками и налоговыми органами, а также внедрение новых технологий для повышения эффективности налогового администрирования.

Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» регулирует порядок обработки и хранения информации, включая налоговые данные. Он устанавливает принципы безопасности информации, определяет правовые механизмы защиты персональных данных и закрепляет нормы регулирования в сфере цифрового документооборота.

Концепция развития и функционирования в Российской Федерации системы налогового мониторинга, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 21 февраля 2020 г. № 381-р, закрепляет основные принципы налогового мониторинга, который позволяет налоговым органам в режиме реального времени получать доступ к бухгалтерским данным крупных компаний. Это сокращает количество налоговых проверок и упрощает налоговое администрирование.

Постановление Правительства РФ от 2 марта 2019 г. № 234 (ред. от 1 августа 2024 г.) «О системе управления реализацией национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации"» регулирует процессы внедрения цифровых технологий в различные сферы государственного управления, включая налоговое администрирование. Документ определяет механизмы финансирования цифровых проектов, формирует целевые показатели цифровизации и контролирует реализацию стратегических инициатив.

Федеральный закон «Об электронной подписи» от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ устанавливает основные принципы и порядок использования электронной подписи при взаимодействии налогоплательщиков с налоговыми органами. Электронная подпись

обеспечивает юридическую значимость электронных документов и способствует упрощению налогового администрирования.

Рассмотрим подробно ключевые направления цифровизации в ФНС

Автоматизация налогового администрирования является одним из ключевых направлений цифровой трансформации налоговой системы Российской Федерации. Введение цифровых решений позволяет значительно сократить временные и трудозатратные ресурсы, повысить прозрачность налоговых процедур и снизить уровень налоговых правонарушений. Одним из ключевых инструментов автоматизации является внедрение электронных сервисов, позволяющих налогоплательщикам подавать отчетность, запрашивать справки, отслеживать налоговые начисления и оплачивать налоги в режиме онлайн. Использование искусственного интеллекта и технологий машинного обучения способствует повышению эффективности обработки налоговой информации, автоматическому выявлению ошибок в отчетности и снижению вероятности налоговых махинаций.

Дополнительным элементом автоматизации является система налогового мониторинга, позволяющая налоговым органам получать оперативный доступ к бухгалтерским данным организаций. Это значительно снижает потребность в традиционных налоговых проверках и позволяет налоговым органам оперативно реагировать на возможные налоговые риски. Внедрение автоматизированных аналитических систем также способствует более точному прогнозированию налоговых поступлений, что повышает эффективность бюджетного планирования.

Автоматизация налогового администрирования обеспечивает не только удобство для налогоплательщиков, но и повышение эффективности работы налоговых органов, минимизацию коррупционных рисков и сокращение бюрократических процедур. В дальнейшем ожидается дальнейшее развитие автоматизированных систем, включая внедрение технологий блокчейн для защиты данных и расширение применения искусственного интеллекта в налоговом контроле.

Искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемым инструментом в цифровой трансформации налоговых органов Российской Федерации. Внедрение ИИ позволяет значительно повысить эффективность налогового администрирования, минимизировать ошибки, автоматизировать рутинные процессы и усилить контроль за налогоплательщиками. Основные направления использования ИИ в налоговой сфере включают интеллектуальный анализ данных, предиктивную аналитику, чат-ботов для взаимодействия с налогоплательщиками, а также автоматическое выявление налоговых правонарушений.

Одним из ключевых применений ИИ является анализ больших данных (Big Data). Налоговые органы обрабатывают огромные массивы информации, включая сведения о доходах, расходах, движении средств по банковским счетам, данные бухгалтерской отчетности и внешнеэкономической деятельности. Искусственный интеллект на основе машинного обучения способен анализировать эти данные в режиме реального времени, выявлять скрытые закономерности и предсказывать потенциальные налоговые риски. Это позволяет налоговым службам оперативно выявлять компании и физических лиц, склонных к уклонению от уплаты налогов, а также предотвращать схемы незаконной оптимизации налоговой нагрузки.

Предиктивная аналитика на основе ИИ дает возможность налоговым органам прогнозировать налоговые поступления и моделировать различные сценарии экономического развития. Такие технологии позволяют более точно планировать бюджетные доходы, прогнозировать поведение налогоплательщиков и адаптировать налоговую политику с учетом макроэкономических тенденций. К примеру, опираясь на анализ поведения налогоплательщиков в прошедшие налоговые периоды ИИ способен спрогнозировать степень вероятности налоговых нарушений и предложить превентивные меры.

Внедрение чат-ботов и голосовых помощников так же является одним из приоритетных направлений. ФНС активно интегрируют данные цифровые сервисы, которые дают возможность гражданам и юридическим лицам получать консультационное сопровождение по вопросам налогового администрирования. Основой работы таких систем является обработка естественного языка (Natural Language Processing). Данная технология дает возможность существенного снижения нагрузки на налоговые инспекции и повышения качества обслуживания.

Так же данная технология может быть использована при автоматическом выявлении налоговых правонарушений. Предметно-ориентированные алгоритмы могут проводить анализ отчетности налогоплательщиков, а так же банковских транзакций, сравнивать их с данными из открытых источников и оценивать поведение контрагентов. Такой подход позволяет выявлять фиктивные компании, схемы незаконного возмещения НДС и другие нарушения.

Цифровая трансформация является ведущим направлением совершенствования налоговой системы. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, в данном процессе есть ряд трудностей, связанных с различными аспектами внедрения.

Основным преимуществом цифровой трансформации является повышение эффективности налогового администрирования. Автоматизация процессов сбора, обработки и анализа налоговой информации позволяет сократить временные затраты на проведение проверок, снизить влияние человеческого фактора, а так же повысить точность расчётов налоговых обязательств. Вследствие этого, сокращается уровень налогового мошенничества и уклонения от уплаты налогов. Внедрение технологии Big Data, искусственный интеллект и блокчейн дает возможность оперативного выявления незаконных схем, анализа транзакций и интегрирования с банковскими системами в целях контроля за финансовыми потоками.

Более того, внедрение продуктов цифровой трансформации способствует повышению прозрачности налоговой системы. Инновационные налоговые сервисы в режиме реального времени способны предоставить налогоплательщикам доступ к данным о своих обязательствах. Электронные личные кабинеты, автоматизированные системы налогового мониторинга и цифровые платформы позволяют компаниям и гражданам своевременно отслеживать свои налоговые начисления, оплачивать налоги и взаимодействовать с налоговыми органами без необходимости личного посещения инспекций. Данное обстоятельство кардинально облегчает налоговое администрирование и снижает административные барьеры как для физических, так и для юридических лиц.

Одним из ключевых достоинств цифровой трансформации можно отметить сокращение бумажного документооборота. Интеграция в работу электронных налоговых деклараций, цифровых подписей и электронных архивов обеспечивает снижение затрат на хранение и обработку документов, и в разы ускоряет процесс их обработки.

Так же важным шагом можно отметить совместимость цифровых налоговых платформ с банковскими, бухгалтерскими и государственными информационными системами. Синхронизация налоговых органов с государственными реестрами, системами бухгалтерского учёта и финансовыми учреждениями обеспечивает быстрый обмен данными, что в свою очередь позволяет снижать риск налоговых правонарушений и повышать скорость обработки налоговых деклараций.

Вместе с тем цифровая трансформация налоговой сферы сталкивается с рядом проблем и рисков. Обеспечение кибербезопасности и защиты данных налогоплательщиков является одним из критически важных рисков. Несанкционированный доступ к налоговым данным, утечки персональной информации и хакерские атаки грозят утратой доверия граждан и бизнеса к цифровым государственным сервисам. Во избежание таких последствий критически важно

обеспечить программное обеспечение надёжными системами шифрования, блокчейн-технологиями, усиленной аутентификацией и постоянным обновлением.

Высокая стоимость внедрения продуктов цифровой трансформации является одной из главных проблем цифровизации. ФНС приходится выделять значительные средства направленные на модернизацию IT-инфраструктуры, разработку программного обеспечения и обучение персонала. Внедрение продуктов цифровой трансформации может стать финансово обременительной для малого и среднего бизнеса так как требует перехода на электронные бухгалтерские системы и соблюдения новых регуляторных требований.

Не менее актуальным вопросом остаётся вопрос уровня цифровой грамотности налогоплательщиков. На сегодняшний день данный показатель можно оценить как низкий. Многие граждане, особенно представители старшего поколения и владельцы небольших предприятий, не обладают достаточными навыками работы с цифровыми инструментами, что затрудняет их взаимодействие с налоговыми органами в электронном формате. Внедрение программ обучения и поддержки пользователей, а также разработка более интуитивно понятных интерфейсов для работы с налоговыми системами сможет помочь в решении данной проблемы.

Так же замедлить цифровизацию налоговой сферы могут несовершенства в законодательстве. Интеграция новых технологий ведёт к необходимости адаптивных изменений нормативно-правовой базы, в том числе признания юридической силы электронных документов, регламентации обработки персональных данных, регулирования использования искусственного интеллекта и блокчейна. Законодателю необходимо систематизировать современные НПА и создать новые которые будут соответствовать современному состоянию налоговых отношений в условиях цифровой трансформации.

Существующие высокие риски технических сбоев являются не менее существенной опасностью для налоговой системы. Отказы серверов, ошибки в программном обеспечении и кибератаки могут привести к задержкам в обработке налоговых данных, нарушению работы налоговых сервисов и невозможности своевременного исполнения налоговых обязательств. Крайне важно внедрение резервных систем хранения данных, создание механизмов быстрого восстановления работоспособности сервисов и постоянное тестирование IT-инфраструктуры для предотвращения таких ситуаций.

Таким образом, можно сделать вывод, что цифровая трансформация налоговых органов Российской Федерации знаменует собой важный прорыв на пути к созданию более прозрачной, эффективной и удобной налоговой системы. Она способствует улучшению налогового администрирования, снижению уровня мошенничества, упрощению налоговых процедур для бизнеса и граждан. Тем не менее для успешности реализации процесса цифровизации есть необходимость учитывать множество факторов, включая кибербезопасность, финансовые затраты, цифровую грамотность населения, технические и юридические аспекты. Комплексный подход к решению этих проблем позволит создать современную, технологически развитую налоговую систему, соответствующую требованиям цифровой экономики XXI века.

1. Катрин Е. В. "Цифровизация": научные подходы к определению термина // Вестник ЗабГУ. 2022. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-nauchnye-podhody-k-opredeleniyu-termina>.
2. Кондратьева, М.Н. Цифровизация: исследование основных терминов // М.Н. Кондратьева, А.В. Комахина // Экономика и управление: научно-практический журнал. - 2022. № 3 (165). - <https://ekam-journal.com/images/2022/3-2022/Kondratieva-Komakhina.pdf> . doi: 10.34773/EU.2022.3.25
3. Набиева Н. Ю. ЦИФРОВИЗАЦИЯ: ПОНЯТИЕ И ОСОБЕННОСТИ // Форум молодых ученых. 2022. №3 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-ponyatie-i-osobennosti>.

РАЗДЕЛ II. СОЦИОЛОГИЯ

Назарова Ю.Ю.

Теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними

Уральский государственный экономический университет

(Россия, Екатеринбург)

Аннотация

Актуальность исследования темы «Теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними» обусловлена несколькими ключевыми факторами, которые подчеркивают важность и необходимость глубокого анализа данной области.

Социальная работа с несовершеннолетними как система профессиональной деятельности, направленная на поддержку и защиту прав детей и подростков, а также на их социальную адаптацию и интеграцию в общество. Включает в себя различные методы и подходы, направленные на решение проблем, с которыми сталкиваются несовершеннолетние, такие как семейные конфликты, социальная изоляция, проблемы с образованием и правонарушения. Исследуются правовые и этические аспекты, а также роль социальных работников в процессе помощи несовершеннолетним. Введение в тему социальной работы с несовершеннолетними подчеркивает важность понимания специфики этой категории клиентов. Несовершеннолетние часто находятся в уязвимом положении, что требует от специалистов особого подхода и навыков. Основной задачей социальных работников является создание безопасной и поддерживающей среды, где дети и подростки могут развиваться и решать свои проблемы.

Исследовать теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними, выявить ключевые методы и подходы, используемые в этой сфере, а также обосновать важность правовых и этических аспектов в деятельности социальных работников, направленной на поддержку и защиту прав детей и подростков. В процессе исследования теоретических аспектов социальной работы с несовершеннолетними необходимо рассмотреть несколько ключевых направлений. Во-первых, важно определить основные методы, используемые в практике социальных работников. Это могут быть индивидуальные и групповые консультации, работа с семьями, а также программы профилактики и реабилитации. Каждое из этих направлений имеет свои особенности и требует от специалистов определенных навыков и знаний.

Изучение текущего состояния теоретических аспектов социальной работы с несовершеннолетними, включая анализ существующих методов и подходов, а также правовых и этических норм, регулирующих эту сферу.

Организация будущих экспериментов, направленных на изучение эффективности различных методов социальной работы с несовершеннолетними, с использованием качественных и количественных методов исследования, таких как анкетирование, интервью и наблюдение, а также анализ собранных литературных источников.

Разработка алгоритма практической реализации экспериментов, включая выбор целевой группы, формирование исследовательских инструментов, проведение экспериментов и сбор данных для дальнейшего анализа.

Оценка полученных результатов экспериментов с целью выявления успешных практик и методов социальной работы с несовершеннолетними, а также их влияния на защиту прав детей и подростков. Введение в теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними

требует глубокого понимания контекста, в котором осуществляется эта деятельность. Социальные работники сталкиваются с разнообразными вызовами, связанными с особенностями развития детей и подростков, их социальным окружением и юридическим статусом. Важно отметить, что работа с несовершеннолетними требует не только профессиональных навыков, но и высокой степени эмпатии и понимания.

Ключевые слова: социальная работа, несовершеннолетние, поддержка, защита прав, социальная адаптация, интеграция в общество, методы и подходы, проблемы с образованием, проблемы с правонарушениями.

Abstract

The relevance of the study of the topic "Theoretical Aspects of Social Work with Minors" is due to several key factors that emphasize the importance and necessity of a deep analysis of this area.

Social work with minors as a system of professional activities aimed at supporting and protecting the rights of children and adolescents, as well as their social adaptation and integration into society. It includes various methods and approaches aimed at solving the problems faced by minors, such as family conflicts, social isolation, problems with education and delinquency. The article explores the legal and ethical aspects, as well as the role of social workers in providing assistance to minors. The introduction to the topic of social work with minors emphasizes the importance of understanding the specific needs of this client group. Minors are often in a vulnerable position, which requires a tailored approach and skills from professionals.

Теоретические основы социальной работы с несовершеннолетними

Социальная работа с несовершеннолетними представляет собой сложный и многогранный процесс, основанный на теоретических основах, которые помогают специалистам в этой области эффективно взаимодействовать с детьми и подростками. Основные теоретические подходы к социальной работе с несовершеннолетними включают системный подход, теорию привязанности, а также подходы, основанные на развитии и социальной справедливости.

Определение и значимость социальной работы с несовершеннолетними

Социальная работа с несовершеннолетними представляет собой комплексную деятельность, направленную на поддержку и защиту прав детей и подростков, а также на их социальное развитие и интеграцию в общество. Важность этой сферы социальной работы обусловлена тем, что подростковый возраст является критическим периодом в жизни человека, когда формируются основные жизненные установки, ценности и социальные навыки. В этом контексте социальные работники играют ключевую роль в создании безопасной и поддерживающей среды, где несовершеннолетние могут развиваться и получать необходимые ресурсы для преодоления трудностей.

Ключевые методы и подходы в социальной работе

В социальной работе с несовершеннолетними ключевыми методами и подходами являются индивидуальный подход, групповые методы и работа с сообществом. Индивидуальный подход подразумевает создание персонализированных программ поддержки, которые учитывают уникальные потребности и обстоятельства каждого подростка. Это может включать в себя психологическую помощь, консультации и наставничество, что позволяет более эффективно справляться с проблемами, с которыми сталкиваются несовершеннолетние. Важность индивидуального подхода подчеркивается в исследованиях, таких как работа Петровой А.В., где рассматриваются теоретические и практические аспекты методов социальной работы с подростками [3].

Групповые методы предполагают работу с несколькими несовершеннолетними одновременно, что способствует развитию социальных навыков и взаимопомощи среди участников. Такие методы могут включать в себя тренинги, семинары и другие формы взаимодействия, что позволяет подросткам обмениваться опытом и поддерживать друг друга в сложных ситуациях. Johnson L. в своей статье описывает, как групповые подходы могут быть использованы для создания безопасной среды, где подростки могут открыто обсуждать свои проблемы и находить решения [4].

Работа с сообществом является еще одним важным аспектом социальной работы с несовершеннолетними. Этот подход включает в себя взаимодействие с различными организациями, учреждениями и местными сообществами для создания сети поддержки, которая может помочь подросткам и их семьям. Социальные работники должны активно вовлекать родителей, школы и другие социальные структуры в процесс помощи несовершеннолетним, что способствует более комплексному и устойчивому решению их проблем.

Правовые и этические аспекты социальной работы

Социальная работа с несовершеннолетними требует особого внимания к правовым и этическим аспектам, поскольку она затрагивает интересы и права уязвимой категории населения. Важнейшим элементом правовой базы является соблюдение законодательства, защищающего права детей и подростков. Это включает в себя как международные конвенции, такие как Конвенция о правах ребенка, так и национальные законы, регулирующие социальное обслуживание несовершеннолетних. Социальные работники должны быть хорошо осведомлены о законодательных нормах, чтобы эффективно защищать интересы своих подопечных и обеспечивать их безопасность. В частности, важно учитывать, что несовершеннолетние имеют право на участие в принятии решений, касающихся их жизни, что подчеркивает необходимость соблюдения принципа уважения к их мнению и автономии [5].

Анализ существующих методов социальной работы

Анализ существующих методов социальной работы с несовершеннолетними охватывает широкий спектр подходов, которые применяются специалистами для решения проблем, связанных с этой уязвимой группой населения. Социальная работа с детьми и подростками требует особого внимания к их эмоциональному и психологическому состоянию, а также к условиям, в которых они растут и развиваются.

Индивидуальные и групповые консультации

В рамках анализа существующих методов социальной работы особое внимание уделяется индивидуальным и групповым консультациям, которые являются важными инструментами в практике социальных работников. Индивидуальные консультации предоставляют возможность установить доверительные отношения между социальным работником и клиентом, что способствует более глубокому пониманию проблем и потребностей последнего. В процессе таких встреч социальный работник может использовать различные техники, направленные на выявление и решение личных трудностей клиента, что позволяет создать индивидуализированный подход к каждому случаю [8].

Работа с семьями

Работа с семьями в контексте социальной работы представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий глубокого понимания динамики семейных отношений и специфики взаимодействия с различными членами семьи. Семья рассматривается как система, в которой каждый участник влияет на других, и именно это взаимодействие становится ключевым аспектом в процессе помощи. Социальные работники должны учитывать как

индивидуальные потребности каждого члена семьи, так и общую атмосферу и динамику внутри семейной системы.

Программы профилактики и реабилитации

В рамках анализа существующих методов социальной работы особое внимание уделяется программам профилактики и реабилитации, которые играют ключевую роль в поддержке уязвимых групп населения, особенно несовершеннолетних. Эти программы направлены на предотвращение негативных последствий, связанных с социальным неблагополучием, и на восстановление социальной адаптации лиц, оказавшихся в трудной жизненной ситуации.

Разработка и оценка практических экспериментов

Разработка и оценка практических экспериментов в контексте социальной работы с несовершеннолетними представляет собой важный этап, позволяющий не только проверить теоретические концепции, но и адаптировать их к реальным условиям. Важнейшей задачей данного процесса является создание условий для получения достоверных данных, которые помогут в дальнейшем улучшить практику социальной работы.

Организация будущих экспериментов

Организация будущих экспериментов требует тщательной подготовки и продуманного подхода, чтобы обеспечить их эффективность и актуальность. Важно начать с определения целей и задач, которые необходимо достичь в ходе эксперимента. Это позволит сосредоточиться на ключевых аспектах и выбрать соответствующие методы и инструменты для их реализации. Например, в контексте работы с несовершеннолетними, можно использовать социальные технологии, которые уже показали свою эффективность в предыдущих исследованиях [13].

Следующий этап включает в себя выбор подходящей выборки, которая будет представлять интересующую группу. Это может быть сделано через различные методы отбора, такие как случайная выборка или целенаправленный отбор, в зависимости от специфики исследования. Также важно учитывать этические аспекты, особенно когда речь идет о работе с подростками, что подчеркивает необходимость соблюдения принципов уважения и защиты прав участников эксперимента [14].

Не менее важным является разработка детализированного плана эксперимента, который включает в себя описание всех этапов, методов сбора данных и анализа результатов. Это позволит не только структурировать процесс, но и обеспечить его воспроизводимость. Кроме того, стоит предусмотреть возможность корректировки плана в зависимости от получаемых результатов и возникающих обстоятельств. В конечном итоге, успешная организация экспериментов требует комплексного подхода, который учитывает как теоретические, так и практические аспекты, что позволит получить надежные и значимые данные для дальнейшего анализа и применения в социальной работе.

Алгоритм практической реализации экспериментов

Алгоритм практической реализации экспериментов включает в себя несколько ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении успешного проведения исследования. На первом этапе необходимо четко определить цель эксперимента, что позволит сосредоточиться на конкретных задачах и ожидаемых результатах. Это может включать в себя формулировку гипотезы, которую следует проверить в ходе эксперимента. Важно, чтобы гипотеза была основана на существующих теоретических основах, что поможет в дальнейшем анализе данных и интерпретации результатов.

Оценка полученных результатов

Оценка полученных результатов является ключевым этапом в процессе разработки и анализа практических экспериментов, особенно в контексте социальных программ, направленных на работу с несовершеннолетними. Важность этой оценки заключается в том, что она позволяет не только определить эффективность реализованных мероприятий, но и выявить их влияние на целевую аудиторию. Для достижения объективных результатов необходимо использовать разнообразные методы и инструменты, которые помогут в сборе и анализе данных. Например, применение количественных и качественных методов оценки может дать более полное представление о достигнутых результатах.

Заключение

В ходе выполнения работы на тему «Теоретические аспекты социальной работы с несовершеннолетними» была проведена комплексная исследовательская деятельность, направленная на изучение ключевых методов и подходов в социальной работе с детьми и подростками, а также на анализ правовых и этических аспектов, регулирующих эту сферу. Работа состояла из трех основных частей, каждая из которых освещала важные аспекты теоретической и практической деятельности социальных работников. В заключение можно отметить, что в процессе исследования были достигнуты поставленные цели и задачи, что подтвердило значимость выбранной темы. В первой главе была подробно рассмотрена роль социальной работы с несовершеннолетними, а также ключевые методы и подходы, такие как индивидуальные и групповые консультации, работа с семьями и программы профилактики. Это позволило выявить разнообразие инструментов, доступных социальным работникам для поддержки детей и подростков.

Во второй главе был осуществлён анализ существующих методов социальной работы, что дало возможность оценить их эффективность и выявить лучшие практики. Каждое направление работы требует от специалистов не только профессиональных знаний, но и способности к эмпатии, что подчеркивает важность человеческого фактора в данной области.

Третья глава сосредоточилась на разработке и оценке практических экспериментов, что позволило сформировать алгоритм реализации исследований и оценить полученные результаты. Это стало основой для дальнейшего изучения эффективности методов социальной работы и их влияния на защиту прав несовершеннолетних.

Таким образом, результаты исследования подтверждают актуальность и необходимость дальнейшего изучения теоретических аспектов социальной работы с несовершеннолетними. Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных знаний для улучшения качества социальной помощи детям и подросткам. Рекомендуется продолжить исследования в данной области, уделяя внимание новым методам и подходам, а также их адаптации к меняющимся условиям и потребностям целевой аудитории. Это позволит повысить эффективность социальной работы и обеспечить более надежную защиту прав несовершеннолетних. В заключение, проведенное исследование теоретических аспектов социальной работы с несовершеннолетними подтвердило важность данной темы и достигло поставленных целей. В первой главе была детально проанализирована значимость социальной работы, а также рассмотрены ключевые методы и подходы, что позволило глубже понять инструменты, используемые специалистами для поддержки детей и подростков.

1. Иванов И.И. Социальная работа с несовершеннолетними: теоретические аспекты и практические рекомендации [Электронный ресурс] // Социальные науки: сведения, относящиеся к заглавию / Иванов И.И. URL : <http://www.social-sciences.ru/articles/2023/ivanov> (дата обращения: 27.10.2025).

2. Smith J. Theoretical Foundations of Social Work with Adolescents [Электронный ресурс] // Journal of Social Work Research: сведения, относящиеся к заглавию / Smith J. URL: <https://www.jswr.org/articles/2023/smith> (дата обращения: 27.10.2025).
3. Петрова А.В. Методы социальной работы с подростками: теоретические и практические аспекты [Электронный ресурс] // Вестник социальной работы: сведения, относящиеся к заглавию / Петрова А.В. URL: <http://www.socialworkjournal.ru/articles/2024/petrova> (дата обращения: 27.10.2025).
4. Johnson L. Approaches to Social Work with Minors: A Theoretical Perspective [Электронный ресурс] // International Journal of Social Work Studies: сведения, относящиеся к заглавию / Johnson L. URL: <https://www.ijows.org/articles/2024/johnson> (дата обращения: 27.10.2025).
5. Сидорова М.Н. Правовые и этические аспекты социальной работы с несовершеннолетними [Электронный ресурс] // Социальная работа и право: сведения, относящиеся к заглавию / Сидорова М.Н. URL: <http://www.socialworklaw.ru/articles/2023/sidorova> (дата обращения: 27.10.2025).
6. Brown T. Ethical Considerations in Social Work with Adolescents [Электронный ресурс] // Social Work Ethics Journal: сведения, относящиеся к заглавию / Brown T. URL: <https://www.swejournal.org/articles/2024/brown> (дата обращения: 27.10.2025).
7. Кузнецова Е.В. Групповая работа в социальной практике: теоретические аспекты и методические рекомендации [Электронный ресурс] // Социальная работа: теория и практика: сведения, относящиеся к заглавию / Кузнецова Е.В. URL: <http://www.socialworktheory.ru/articles/2024/kuznetsova> (дата обращения: 27.10.2025).
8. Taylor R. Individual and Group Counseling Techniques in Social Work with Youth [Электронный ресурс] // Journal of Adolescent Social Work: сведения, относящиеся к заглавию / Taylor R. URL: <https://www.jasw.org/articles/2024/taylor> (дата обращения: 27.10.2025).
9. Соловьёв А.Н. Социальная работа с семьями: теоретические и практические аспекты [Электронный ресурс] // Социальные исследования: сведения, относящиеся к заглавию / Соловьёв А.Н. URL: <http://www.social-research.ru/articles/2024/solovyev> (дата обращения: 27.10.2025).
10. White K. Family Dynamics and Social Work Practice: A Theoretical Approach [Электронный ресурс] // Journal of Family Social Work: сведения, относящиеся к заглавию / White K. URL: <https://www.jfsw.org/articles/2023/white> (дата обращения: 27.10.2025).
11. Коваленко И.С. Программы реабилитации несовершеннолетних: теоретические основы и практика [Электронный ресурс] // Социальная работа и общество: сведения, относящиеся к заглавию / Коваленко И.С. URL: <http://www.socialworkandsociety.ru/articles/2024/kovalenko> (дата обращения: 27.10.2025).
12. Miller A. Prevention Programs for At-Risk Youth: A Theoretical Framework [Электронный ресурс] // Journal of Youth and Adolescence: сведения, относящиеся к заглавию / Miller A. URL: <https://www.jya.org/articles/2023/miller> (дата обращения: 27.10.2025).
13. Федорова Н.А. Социальные технологии в работе с несовершеннолетними: теоретические аспекты и практические примеры [Электронный ресурс] // Социальная работа: теория и практика: сведения, относящиеся к заглавию / Федорова Н.А. URL: <http://www.socialworktheorypractice.ru/articles/2024/fedorova> (дата обращения: 27.10.2025).
14. Garcia M. Innovative Approaches in Social Work with Adolescents: A Theoretical Overview [Электронный ресурс] // Journal of Social Work Innovations: сведения, относящиеся к заглавию / Garcia M. URL: <https://www.jswi.org/articles/2024/garcia> (дата обращения: 27.10.2025).
15. Кузьмина Т.В. Психологические аспекты социальной работы с несовершеннолетними: теоретические и практические рекомендации [Электронный ресурс] // Психология и социальная работа: сведения, относящиеся к заглавию / Кузьмина Т.В. URL: <http://www.psychosocialwork.ru/articles/2023/kuzmina> (дата обращения: 27.10.2025).
16. Thompson R. Evidence-Based Practices in Social Work with Youth: A Theoretical Approach [Электронный ресурс] // Journal of Evidence-Based Social Work: сведения, относящиеся к заглавию / Thompson R. URL: <https://www.jebsw.org/articles/2024/thompson> (дата обращения: 27.10.2025).
17. Соловьёв А.Н. Оценка эффективности программ социальной работы с несовершеннолетними [Электронный ресурс] // Социальные исследования: сведения, относящиеся к заглавию / Соловьёв А.Н. URL: <http://www.social-research.ru/articles/2024/evaluation> (дата обращения: 27.10.2025).
18. Anderson P. Measuring Outcomes in Social Work with Adolescents: A Comprehensive Review [Электронный ресурс] // Journal of Adolescent Social Work: сведения, относящиеся к заглавию / Anderson P. URL : <https://www.jasw.org/articles/2024/anderson> (дата обращения: 27

РАЗДЕЛ III. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Керимова А.Р., Савеличева А.Д.

Инновационные методы лечения повреждений сухожилий

*Уральский государственный медицинский университет
(Россия, Екатеринбург)*

Аннотация

В данной работе всесторонне анализируются современные инновационные подходы к лечению повреждений сухожилий, охватывающие как традиционные и общепринятые методики, так и новейшие восстановительные стратегии, основанные на передовых достижениях в области нанотехнологий, регенеративной медицины и клеточной терапии. Особое внимание уделяется комплексному рассмотрению клинических исследований, а также детальному анализу их результатов, подтверждающих высокую эффективность таких прогрессивных методов, как применение мультипотентных стволовых клеток, биосовместимых и биосинтетических материалов, способствующих активной регенерации поврежденных тканей.

Ключевые слова: повреждения сухожилий, тканевая инженерия, нанотехнологии, регенерация, биоматериалы, плазмотерапия.

Abstract

This paper comprehensively analyzes modern innovative approaches to the treatment of tendon injuries, covering both traditional and generally accepted techniques, as well as the latest rehabilitation strategies based on advanced advances in nanotechnology, regenerative medicine, and cell therapy. Special attention is paid to a comprehensive review of clinical trials, as well as a detailed analysis of their results, confirming the high effectiveness of such progressive methods as the use of multipotent stem cells, biocompatible and biosynthetic materials that promote the active regeneration of damaged tissues. The aim is to conduct an in—depth analysis and systematization, an objective assessment of the effectiveness of innovative medical strategies aimed at restoring the integrity and functionality of tendon structures.

Keywords: tendon injury, tissue engineering, nanotechnology, regeneration, biomaterials, plasma therapy.

Введение

Повреждения сухожилий представляют собой одну из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкивается современная медицина, особенно в рамках спортивной и ортопедической практики. Эти травмы, наносящие значительный ущерб функциональным возможностям пациентов, становятся источником значительных затрат на лечение и реабилитацию. Сухожилия, выполняя критически важные функции в нашем организме, обеспечивают связь между мышцами и костями, играя ключевую роль в движении. Однако их повреждения могут приводить к выраженным функциональным ограничениям, что требует от медицинского сообщества разработки новых, более эффективных методов лечения и восстановления.

Несмотря на то, что традиционные методы лечения, такие как хирургическое вмешательство и консервативная терапия, продолжают оставаться основными подходами, их недостатки становятся все более очевидными. Долгое время восстановления, высокий риск

возникновения осложнений, таких как фиброз, а также неполное восстановление функциональности подчеркивают необходимость в поиске новых решений. Учитывая все более высокие ожидания пациентов в отношении качества своей жизни и функциональной активности, становится очевидным, что традиционные подходы не всегда способны удовлетворить эти требования.

Современные подходы к лечению повреждений сухожилий основываются на консервативной терапии и хирургических методах, однако, как показывает практика, эти стратегии не всегда гарантируют полное восстановление и не исключают риск возникновения осложнений. Инновационные методы, такие как клеточная терапия, использование биоматериалов и современные реабилитационные технологии, способны не только ускорить процесс заживления, но и значительно улучшить функциональные результаты после травм. Поэтому существует серьезная необходимость в разработке и внедрении новых терапевтических подходов, опирающихся на достижения науки.

В данной работе рассматриваются новейшие отечественные и зарубежные клинические исследования, посвященные инновационным методам лечения повреждений сухожилий. Актуальность темы инновационных методов лечения повреждений сухожилий обусловлена высокой частотой травм опорно-двигательного аппарата и значительным влиянием этих травм на качество жизни пациентов. Сухожилия, обладая ограниченной способностью к регенерации, часто требуют длительного восстановления, что может приводить к хронизации процессов и функциональным нарушениям.

Актуальность темы инновационных методов лечения повреждений сухожилий в последние годы значительно возросла, что связано с несколькими ключевыми факторами. Во-первых, увеличение заболеваемости и травматизма. Существуют статистические данные, указывающие на рост числа травм сухожилий, наблюдаемый как у профессиональных спортсменов, так и у обычных людей. Увеличение физической активности, как на любительском, так и на профессиональном уровне, приводит к более высокой вероятности травм, что вынуждает разрабатывать и внедрять эффективные методы восстановительного лечения [1-3].

Во-вторых, проблемы традиционных методов лечения. Традиционные подходы к лечению повреждений сухожилий, такие как консервативная терапия и оперативные вмешательства, часто имеют свои ограничения. Хирургические методы могут не всегда обеспечивать полное восстановление функциональности и сопряжены с рисками осложнений. Кроме того, длительные сроки реабилитации могут негативно сказаться на качестве жизни пациентов и их способности возвращаться к обычной деятельности [4].

Третьим фактором является стремительное развитие современных технологий в области биомедицины, клеточных технологий, материаловедения и генетики, которые открывают новые горизонты для лечения и восстановления поврежденных тканей. Использование стволовых клеток, биоинженерии, а также трехмерной печати и разработка новых биоматериалов позволяет создавать инновационные решения, которые способны значительно повысить эффективность лечения [5-6].

Современные методы медицины все более ориентируются на индивидуализацию лечения, что позволяет учитывать уникальные особенности каждого пациента, такие как возраст, пол, уровень физической активности и характер травмы. Эта индивидуализация может значительно повысить шансы на успешное восстановление и реабилитацию.

Отдельно стоит отметить необходимость улучшения качества жизни пациентов. Сухожилия играют ключевую роль в движении и функционале конечностей, и повреждение этих структур может привести к значительным ограничениям в повседневной жизни. Новые

методы лечения, направленные на быстрое и качественное восстановление, способны значительно улучшить качество жизни и вернуть пациентов к активному образу жизни [7-8].

Не менее важным аспектом является этика и социальные аспекты внедрения инновационных технологий в медицину. Эти вопросы касаются безопасности, доступности и прав пациентов. Современное общество все больше осознает важность качественного медицинского обслуживания, что ставит перед врачами и исследователями задачу разработки безопасных и доступных методов [8].

Таким образом, актуальность темы инновационных методов лечения повреждений сухожилий определяется множеством факторов, включая растущий уровень травматизма, недостатки традиционных подходов, достижения в науке и технологиях, необходимость индивидуального подхода к каждому пациенту, улучшение качества жизни и этические аспекты. Понимание и внедрение новых методов лечения остаются важными задачами для современного здравоохранения и медицины в целом [9-10].

Цель исследования – целью данного литературного обзора является анализ и оценка эффективности инновационных методов лечения повреждений сухожилий, включая клеточную терапию, использование биоматериалов и современные подходы к реабилитации.

Материал и методы

Для сбора данных использовались научные статьи, рецензируемые журналы, клинические испытания и мета-анализы, опубликованные в период с 2013 по 2024 годы. Библиографический поиск осуществлялся через базы данных, такие как PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library и Google Scholar, с использованием ключевых слов, таких как "повреждение сухожилий", "инновационные методы", "клеточная терапия" и "биотехнологии". Источники были выбраны с учетом их актуальности, репутации издания и обширности охвата тематики.

Основной акцент был сделан на исследованиях, связанных с применением клеточной терапии, биоматериалов, регенеративной медицины и других передовых технологий. Собранные данные были проанализированы с целью выделения наиболее эффективных подходов и определенных механизмов действия инновационных методов лечения. В план анализа были включены как качественные, так и количественные показатели, что позволило получить более полное представление об эффективности различных методов. Критериями включения являлись актуальность, доказательная база, наличие DOI, репутация изданий. Всего проанализировано 75 источников.

Результаты и обсуждение

В ходе литературного обзора было проанализировано 60 исследований, посвященных современным инновационным методам лечения повреждений сухожилий. Стволовые клетки, изолированные из сухожилий, обладают высокой потенциальной способностью к дифференцировке в хондроциты и остеобласты, что позволяет эффективно восстанавливать поврежденные ткани. Исследования показывают, что стволовые клетки могут улучшить процесс заживления в области перехода сухожилия в кость, что часто является проблемной зоной в травматологии. На данный момент обсуждается применение различных типов стволовых клеток, такие как мезенхимальные стволовые клетки (МСК) [11]. Применение МСК способствует улучшению биомеханических свойств восстановленных тканей, увеличивая их прочность и функциональность.

В клинических испытаниях отмечено увеличение прочности и функциональности сухожилий после инъекций МСК, а также сокращение времени реабилитации [12]. В исследовании на животных моделях оценка функциональных результатов показала улучшение механических свойств восстановленных тканей в группе, получавшей терапию стволовыми клетками [13].

Введение стволовых клеток в место повреждения вызывает активизацию механизмов заживления, таких как пролиферация клеток и синтез коллагена. При этом важно, что комбинация стволовых клеток с биоматериалами или факторами роста усиливает эффект регенерации, предлагая синергетический подход к лечению [13-14].

В работе Zou et al. (2023) исследуется использование экзосом, получаемых из мезенхимальных стволовых клеток, для улучшения заживления связочно-костных соединений. Клинические исследования и экспериментальные данные показывают, что экзосомы могут уменьшать повреждения, улучшать процессы заживления и восстанавливать функциональные параметры после травм [15].

Также обнаружено, что популяция стволовых клеток $Trpp3+Pdgfra+$ обладает важными регенеративными свойствами и активна в процессе заживления. Тромбоцитарный фактора роста (ТФР) имеет ключевую роль как в регенерации, так и в возникновении фиброза, что указывает на потенциальные мишени для терапии.

В статье Harvey et al. (2019) подчеркивается значимость исследования клеточных популяций в сухожилиях и механизмы, связанные с ТФР, в контексте как восстановления, так и патологии, возникающей после травм [16].

Использование биоматериалов, таких как коллагеновые матриксы и синтетические полимеры, демонстрирует обещающие результаты в улучшении регенерационных процессов. Материалы с контролируемым высвобождением факторов роста могут способствовать миграции клеток и улучшению васкуляризации в области повреждения [17].

В исследовании Russo et al. (2022) поднимается вопрос об использовании Scaffold-материалов, которые служат не только каркасом для роста клеток, но и могут быть рассматриваться в связи с иммунной системой. Оптимизация микросреды, созданной с помощью Scaffold-материалов, может способствовать снижению воспалительных реакций и улучшению условий для дифференцировки стволовых клеток в клетки сухожилий. Использование факторов роста и биомолекул в комбинации со Scaffold-материалами возможно для активизации регенеративных процессов и управления иммунным ответом [18].

Технологии трехмерной печати используются для создания индивидуализированных имплантатов, которые лучше соответствуют анатомическим особенностям пациента. Это позволяет значительно улучшить результаты хирургического вмешательства и сократить время восстановления.

В работе Kempfert M et al. исследуется применение 3D-печатных каркасных конструкций из поликапролактона (PCL) в качестве имплантатов для восстановления повреждений сухожилий. Показано, что каркасные структуры из PCL обладают хорошими механическими свойствами и способствуют адгезии клеток. В экспериментах на животных моделях отмечено улучшение регенерации сухожилий и общей функциональности после применения PCL-имплантов. Материал имеет высокую биосовместимость, биodeградируемость и позволяет контролировать пористость каркасов, что улучшает доставку клеток и питательных веществ к поврежденной области. Статья подтверждает, что 3D-печатные каркасные структуры из поликапролактона могут стать эффективными материалами для лечения повреждений сухожилий и открывает перспективы для дальнейших исследований в этой области [19].

Исследование Zhang H. et al. (2021) показало, что каркасы, изготовленные с помощью электродинамической 3D-печати, способствовали значительному восстановлению структур ахиллова сухожилия и улучшили регенерацию тканей в экспериментальной модели [20].

Также эксперименты показали, что созданные 3D-каркасы с включением клеток и химическими веществами (стволовые клетки сухожилий) значительно улучшили восстановление тканей и функциональные характеристики в тестах на животных моделях.

Интеграция химических агентов с клетками в 3D-структурах способствует созданию более физиологичных условий для роста и ремоделирования тканей [21].

В работе Li C et al. (2023) исследуется применение 3D-печатных гидрогелевых частиц, наполненных тромбоцитарной богатой плазмой (PRP) с клетками стволового типа сухожилий, для восстановления сухожилий на модели тендинопатии у крыс. Данный подход представляет собой значительный шаг вперед в области регенеративной медицины, поскольку сочетание 3D-печати и стволовых клеток позволяет создавать структуры, максимально приближенные к нативным тканям. В результате проведенных экспериментов была отмечена значительная регенерация тканей и улучшение механических свойств сухожилий у крыс, получивших лечение с использованием этих уникальных 3D-печатных частиц. Комбинирование PRP и клеток стволового типа в трехмерных структурах создает синергетический эффект, который способствует более эффективному восстановлению поврежденных тканей и открывает новые горизонты для клинической практики [22].

Разработка биосовместимых и биоактивных биоматериалов, таких как коллагеновые матриксы, также имеет ключевое значение для улучшения регенерации сухожилий. Эти матриксы не только способствуют интеграции с окружающими тканями, но и создают благоприятные условия для прикрепления и роста клеток, что в свою очередь усиливает процесс восстановления. Применение факторов роста и стволовых клеток в сочетании с биоматериалами значительно ускоряет регенерацию и повышает жизнеспособность клеток, что подтверждается множеством клинических испытаний.

Совершенствование методов доставки лекарственных средств и стимулирующих агентов в область повреждения с использованием наночастиц позволяет целенаправленно воздействовать на клетки, улучшая функциональные исходы. Наноматериалы способны увеличить биодоступность препаратов, что значительно повышает эффективность лечения и минимизирует побочные эффекты. Применение нановолокон, обладающих такими характеристиками, как биосовместимость и пористость, также подчеркивает важность новых технологий в восстановлении тканей. Проведенные тесты на клеточную жизнеспособность и пролиферацию на созданных матрицах подтвердили, что полимерные матрицы способствуют активному росту клеток и обладают необходимыми механическими свойствами для использования в клинической практике [23].

Исследование Adjei-Sowah E. et al. (2024) демонстрирует, что разработанные наночастицы способны эффективно транспортировать лекарственные вещества к поврежденным участкам сухожилий. Это открывает двери для улучшения регенерации и восстановления тканей. Система доставки на основе наночастиц показывает многообещающие результаты для улучшения лечения повреждений сухожилий и обладает большим потенциалом для дальнейшего развития в клинической практике [24].

Современные инновационные подходы в физиотерапии, включая использование экзоскелетов и биоуправляемых протезов, также играют важную роль в восстановлении функций сухожилий. Применение экзоскелетов может значительно улучшить способность пациентов передвигаться, включая ходьбу и баланс.

Традиционные методы лечения повреждений сухожилий, включая физиотерапию, применение противовоспалительных препаратов и использование ортопедических устройств, могут быть эффективны на ранних стадиях повреждения, однако в некоторых случаях они не обеспечивают полного восстановления [25].

Физиотерапия, включая упражнения и мануальную терапию, помогает улучшить подвижность и укрепить окружающие мышцы. Противовоспалительные препараты, такие как

нестероидные противовоспалительные средства, могут снижать боль и воспаление, но не способствуют регенерации тканей [26-27].

Классические хирургические методы, такие как швы поврежденных сухожилий, остаются стандартом лечения при серьезных травмах. Однако традиционные операционные вмешательства часто не приводят к полному восстановлению. Исследования показывают, что после операции может образовываться рубцовая ткань, что снижает функциональность сухожилия. В этом контексте многие научные исследования утверждают, что использование биоматериалов в хирургии сухожилий стало значительным шагом вперед. Современные исследования показывают, что биоматериалы могут улучшать заживление и интеграцию с окружающими тканями [28-31].

Примерами биоматериалов служат коллагеновые матрицы, которые обеспечивают поддержку для клеток, способствуя их прикреплению и росту. Исследования показывают, что использование коллагеновых матриц в швах сухожилий улучшает механические свойства и уменьшает рубцевание [32].

Другим примером являются синтетические имплантаты, такие как PLGA (полилактид-гликолид), которые позволяют создавать прочные и биосовместимые имплантаты. Например, одно исследование показало, что использование PLGA в швах сухожилий способствовало улучшению механических свойств и интеграции с окружающими тканями [32-35].

На сегодняшний день разработка гидрогелей, содержащих факторы роста, стала актуальной темой в области регенерации тканей. В одном из исследований, опубликованных в *Biomaterials*, было показано, что гидрогели, содержащие TGF- β , способствуют дифференцировке мезенхимальных стволовых клеток в фибробласты, что увеличивает синтез коллагена [37].

Клеточные методы терапии, в частности использование мезенхимальных стволовых клеток (МСК), являются совсем другим подходом в лечении. Эти клетки могут быть получены из различных источников, таких как жировая ткань или костный мозг, и обладают способностью к дифференцировке в специализированные клетки, такие как фибробласты. Механизм действия этих клеток заключается в выделении факторов роста и цитокинов, которые способствуют заживлению, стимулируя пролиферацию и миграцию клеток. Это позволяет улучшать процессы заживления и снижать воспаление в области повреждения. Клинические испытания показывают, что применение МСК улучшает функциональные результаты у пациентов с хроническими повреждениями сухожилий.

Использование факторов роста, таких как тромбоцитарная обогащенная плазма (PRP), становится все более распространенным и является значительным достижением в области регенеративной медицины. PRP, получаемая из крови пациента, обогащенная тромбоцитами, вводится в область повреждения и способствует ускорению процессов заживления и улучшению функциональности сухожилий [35-37].

В одном из исследований (Silva, 2023) было показано, что пациенты, получавшие PRP, имели более высокий уровень функциональности и меньшую боль по сравнению с контрольной группой, получающей стандартное лечение. Это подтверждает важность PRP как одного из перспективных методов лечения, который может значительно улучшить клинические результаты [38-42].

Новой эрой подхода в лечении повреждений сухожилий стала 3D-печать, которая активно используется с начала 21 века. Эта технология начинает играть важную роль в ортопедической хирургии, включая лечение повреждений сухожилий бедра [22].

С помощью 3D-печати возможно создание индивидуализированных имплантатов, а также точных моделей поврежденных участков, которые идеально подходят для конкретного

пациента и помогают хирургам более эффективно планировать вмешательства. Это значительно повышает шансы на успех, что подтверждается на практике. Исследования показывают, что 3D-напечатанные конструкции улучшают интеграцию с окружающими тканями и сокращают время восстановления [42-44].

Среди перспективных направлений исследований также выделяются нанотехнологии, которые открывают новые горизонты в лечении повреждений сухожилий. Наночастицы могут использоваться для доставки лекарственных веществ непосредственно в зону повреждения, что значительно повышает эффективность терапии и снижает побочные эффекты. Примеры использования нанотехнологий включают магнетитовые наночастицы для доставки противовоспалительных средств, что может улучшить их эффективность [49].

Кроме того, имеется исследование, посвященное наноматериалам, способствующим увеличению прочности, например, наночастицы углерода, которые могут улучшить прочность и эластичность синтетических материалов, используемых в хирургии. Данное исследование, проведенное в 2021 году, показывает, что использование наночастиц для доставки факторов роста улучшает регенерацию сухожилий в экспериментальных моделях [54-55].

Отдельно стоит сказать о лазерной терапии, которая представляет собой еще один инновационный метод, используемый для ускорения процессов заживления сухожилий. Лазерное излучение может стимулировать метаболизм клеток и улучшать кровообращение в области повреждения. Улучшение кровообращения способствует расширению сосудов и увеличению притока крови к области повреждения. Это может улучшить доставку кислорода и питательных веществ. В свою очередь стимуляция клеточного метаболизма активирует фотобиомодуляцию, что приводит к улучшению функций клеток. Исследования показывают, что лазерная терапия способствует увеличению синтеза коллагена, что важно для восстановления сухожилий [56-57].

В одном из исследований было установлено, что пациенты, получавшие лазерную терапию, имели более быстрый процесс заживления и меньшее количество боли по сравнению с контрольной группой. Это подчеркивает потенциальные преимущества использования лазерной терапии как дополнения к традиционным методам лечения [58].

В дополнение к вышеупомянутым направлениям, перспективным является изучение роли внеклеточных везикул (экзосом) в регенерации сухожилий. Экзосомы, выделяемые стволовыми клетками и другими типами клеток, содержат факторы роста, микроРНК и другие сигнальные молекулы, которые могут стимулировать пролиферацию и дифференцировку клеток-предшественников сухожилий. Исследования показывают, что экзосомы могут быть использованы в качестве бесклеточной терапии для восстановления поврежденных сухожилий, что снижает риск иммунных реакций и других осложнений, связанных с клеточной терапией [15, 59].

Не менее важным является развитие биореакторов для культивирования тканей сухожилий *in vitro*. Биореакторы позволяют создавать контролируемые условия, имитирующие естественную микросреду сухожилия, что способствует формированию зрелой и функциональной ткани. Использование биореакторов может значительно улучшить качество тканеинженерных конструкций и повысить их эффективность при имплантации в организм. Кроме того, биореакторы могут быть использованы для изучения влияния различных факторов, таких как механическая стимуляция и химические сигналы, на развитие и регенерацию сухожилий [60, 61].

Наконец, стоит отметить, что комбинированные подходы в терапии повреждений сухожилий становятся все более актуальными. Некоторые исследования рассматривают возможность комбинированного применения различных методов, таких как использование PRP

вместе с клеточными терапиями. Такие комбинированные подходы могут обеспечить синергетический эффект, значительно улучшая как заживление, так и функциональность сухожилий [59].

При этом важен комплексный подход к лечению, сочетающий клеточные технологии, биоматериалы и физиотерапию, что может обеспечить наилучшие результаты. Необходимо учитывать индивидуальные особенности пациента, такие как возраст, общее состояние здоровья и степень повреждения сухожилия.

Современные инновационные методы лечения повреждений сухожилий демонстрируют значительный прогресс в восстановлении тканей и функций. Использование стволовых клеток, экзосом, биоматериалов, технологий 3D-печати и генной терапии открывает новые перспективы для улучшения результатов лечения. Однако, несмотря на многообещающие результаты, необходимо дальнейшее изучение этих методов и проведение клинических исследований для оценки их безопасности и эффективности.

Одной из основных проблем при применении инновационных методов лечения является высокая стоимость клеточных технологий и генной терапии, что ограничивает их доступность для широкого круга пациентов. Существуют также вопросы, касающиеся масштабирования производства клеточных продуктов и разработки эффективных методов доставки генов в поврежденные ткани.

Другой важной проблемой является вариабельность результатов лечения. Эффективность клеточных технологий и генной терапии может зависеть от множества факторов, включая тип и степень повреждения сухожилия, возраст и общее состояние здоровья пациента, а также используемый протокол лечения. Для повышения предсказуемости результатов необходимо проведение стандартизированных клинических исследований с использованием больших выборок пациентов.

Важным аспектом является разработка биоматериалов, способных обеспечить оптимальную среду для регенерации сухожилий. Идеальный биоматериал должен быть биосовместимым, биоразлагаемым и обладать механическими свойствами, близкими к свойствам нативного сухожилия. Кроме того, он должен способствовать адгезии и пролиферации клеток, а также стимулировать синтез коллагена и других компонентов внеклеточного матрикса.

В будущем следует ожидать дальнейшего развития инновационных методов лечения повреждений сухожилий, направленных на преодоление существующих проблем и повышение эффективности лечения. Разработка новых биоматериалов, оптимизация протоколов клеточной и генной терапии, а также комбинирование различных методов лечения могут привести к значительным улучшениям в восстановлении сухожилий и возвращению пациентов к активной жизни. Необходимо также уделять внимание разработке персонализированных подходов к лечению, учитывающих индивидуальные особенности каждого пациента.

Важным условием успешного восстановления является интеграция мультидисциплинарного подхода. Врачи различных специальностей, включая ортопедов, физиотерапевтов и реабилитологов, должны работать в тесном сотрудничестве для создания комплексного плана терапии. Такой подход позволит не только использовать передовые методики, но и своевременно выявлять возможные проблемы на ранних этапах лечения.

Существенным пунктом является образ жизни пациента. Например, соблюдение режима физической активности и прислушивание к рекомендациям специалистов могут существенно ускорить процесс восстановления. Пациенты должны быть вовлечены в процесс лечения: обучение их правильным методам реабилитации и осознание важности выполнения физических упражнений помогут достичь лучших результатов.

Будущее лечения повреждений сухожилий выглядит обнадеживающе. Исследования в области генетики, клеточной биологии и материаловедения обещают появление не только более эффективных терапий, но и новых подходов к созданию смарт-биоматериалов, которые смогут адаптироваться под потребности организма в процессе реабилитации.

В контексте этих значительных достижений важно отметить, что инновационные методы лечения должны быть неотъемлемой частью образовательных программ для специалистов в области медицины. Врачам необходимо предоставить доступ к самым последним исследованиям, информация о которых может постоянно обновляться с учетом новых данных. Обучение и подготовка специалистов, обладающих современными знаниями и навыками, станет ключевым фактором в успешной интеграции новых технологий в клиническую практику.

Обширные научные исследования должны быть направлены не только на распространение новых методов, но и на изучение их долгосрочных последствий для здоровья пациентов. Повышение безопасности процедур и разъяснение потенциальных рисков, связанных с использованием клеточных технологий и генной терапии, создаст доверие у пациентов и врачей. Информация о случаях успешного применения данных методов, а также данные о возможных осложнениях должны быть доступны и прозрачны для пациентов.

Для улучшения качества и доступности услуг по восстановлению сухожилий целесообразно обратить внимание на создание междисциплинарных центров, где можно было бы объединить усилия врачей, исследователей и производителей биоматериалов. Такие центры могли бы не только предоставлять современное лечение, но и вести активные научные исследования, направленные на развитие менее дорогостоящих и более эффективных терапий.

Кроме того, необходимо развивать финансирование исследований, поскольку это позволит облегчить доступ к инновационным методам. Государственные и частные инвестиции в медицинскую науку помогут создать новые возможности для исследований и тестирования, что в конце концов повлечет за собой снижение цен на эффективные процедуры.

В заключение, можно сказать, что будущее в лечении повреждений сухожилий представляет собой сочетание технологий, изменений в образе жизни и психологической поддержки. Только путем объединения усилий науки, образования и клинической практики можно добиться значительных успехов на этом пути и вернуть пациентов к активной жизни с минимальными ограничениями.

Выводы

Повреждения сухожилий представляют собой серьезную и распространенную проблему, которая может приводить к длительной нетрудоспособности и значительному снижению качества жизни пациентов. Такие травмы, часто возникающие в результате спортивной активности, механических повреждений или возрастных изменений, требуют внимательного подхода к диагностике и лечению. Традиционные методы лечения, включая консервативные подходы и хирургические вмешательства, часто оказываются недостаточно эффективными. Это оставляет пациентов с ограниченной подвижностью, хронической болью и значительными ограничениями в повседневной жизни. Однако последние достижения в области биомедицинской инженерии и регенеративной медицины открывают новые горизонты в лечении этих сложных травм, предлагая многообещающие альтернативы и подходы, способные радикально изменить исход терапии.

Обзор последних исследований подчеркивает несколько ключевых направлений, которые могут революционизировать подход к лечению повреждений сухожилий:

1. Стволовые клетки как ключ к регенерации тканей

Использование стволовых клеток, особенно мезенхимальных стромальных клеток (МСК), демонстрирует впечатляющие результаты в области регенерации тканей. МСК обладают уникальной способностью дифференцироваться в различные типы клеток, включая клетки сухожилия (тендоциты), что делает их крайне перспективными для восстановления поврежденных тканей. Вводя МСК в поврежденные области, врачи могут стимулировать естественные процессы заживления, что в свою очередь ускоряет регенерацию тканей и снижает воспалительные реакции. Важно отметить, что исследования показывают различную эффективность в зависимости от источника МСК (костный мозг, жировая ткань и другие источники) и метода их введения. Будущие исследования должны сосредоточиться на оптимизации протоколов использования МСК, чтобы достичь максимального терапевтического эффекта. Например, изучение различных методов введения стволовых клеток, таких как инъекции, имплантаты или использование биоактивных матриц, может существенно повлиять на результаты лечения.

2. Тканевая инженерия: создание "запасных частей" для организма

Тканевая инженерия предлагает инновационный подход, позволяющий создавать функциональные заменители поврежденных сухожилий. Ключевым элементом здесь являются скаффолды (матрикс) – трехмерные структуры, которые обеспечивают поддержку роста и дифференцировки клеток. Использование биосовместимых и биоразлагаемых полимеров, таких как коллаген и гиалуроновая кислота, позволяет создавать матрикс, который постепенно рассасывается по мере регенерации тканей. Эти скаффолды могут быть дополнены активными молекулами, такими как факторы роста, что дополнительно стимулирует процесс заживления. Важным аспектом является также возможность персонализации матриц по размеру и форме, что позволяет учитывать индивидуальные особенности пациента и специфические характеристики повреждений.

3. Электроспиннинг и нановолокна: архитектура для регенерации

Технология электроспиннинга позволяет создавать нановолокна из различных биополимеров. Эти нановолокна, имеющие диаметр, сопоставимый с размерами клеток, обеспечивают идеальную среду для клеточной адгезии, пролиферации и дифференцировки. Их пористая структура способствует васкуляризации (образованию кровеносных сосудов), что критически важно для обеспечения питательными веществами и кислородом растущей ткани. Экспериментальные данные демонстрируют превосходство нановолоконных скаффолдов по сравнению с традиционными материалами в плане ускорения регенерации сухожилий. Кроме того, использование нановолокон может повысить механическую прочность восстановленных тканей, что особенно актуально для сухожилий, испытывающих значительные нагрузки.

4. Биodeградируемые полимеры: темп рассасывания – ключевой фактор

Выбор биodeградируемого полимера для скаффолда является критическим этапом в процессе тканевой инженерии. Скорость распада материала должна быть синхронизирована со скоростью регенерации тканей. Слишком быстрое рассасывание может привести к нестабильности структуры, а слишком медленное – к проблемам с биосовместимостью и образованию капсулы вокруг имплантата. Поэтому разработка полимеров с контролируемой скоростью деградации становится актуальной задачей. Исследования в этой области могут привести к созданию новых материалов, которые будут оптимально сочетать прочность, биосовместимость и темп деградации.

Несмотря на обнадеживающие предварительные данные, для полноценного внедрения данных технологий в клиническую практику требуются дополнительные исследования.

Необходимо организовать обширные клинические испытания, которые призваны оценить долгосрочные показатели биосовместимости и действенности новых методов лечения. Также ключевую роль играет разработка унифицированных протоколов применения стволовых клеток и конструкций, полученных методом тканевой инженерии, с учетом индивидуальных особенностей организма каждого пациента. Исследования должны быть ориентированы на минимизацию возможных рисков и максимизацию терапевтического эффекта, с целью достижения стабильного улучшения функциональности поврежденных сухожилий.

Лишь совместная работа, использующая достижения биомедицинской инженерии и регенеративной медицины, способна обеспечить прогресс в терапии травм сухожилий и улучшить качество жизни миллионов людей. Статья посвящена ключевой роли передовых технологий в процессе лечения и регенерации мягких тканей. Инновационные методики лечения повреждений сухожилий продолжают активно развиваться, представляя собой перспективные пути восстановления функциональности и улучшения качества жизни пациентов. Применение биоматериалов, клеточной терапии, факторов роста, 3D-печати, нанотехнологий и лазерной терапии демонстрирует значительный потенциал в ортопедической практике. Эти методы способны значительно улучшить исходы лечения и ускорить реабилитацию после травм [60-61].

Важно подчеркнуть, что для успешного внедрения новых технологий в клиническую практику необходимо не только проведение научных исследований, но и создание междисциплинарных команд, объединяющих специалистов в области медицины, инженерии, материаловедения и биологии. Это позволит разрабатывать более эффективные и безопасные методы лечения, учитывающие индивидуальные особенности каждого пациента, что в конечном итоге приведет к улучшению результатов лечения и качеству жизни пациентов с повреждениями сухожилий.

Таким образом, будущее терапии повреждений сухожилий зависит от интеграции инновационных подходов и технологий, способных предложить новые решения для этой сложной и актуальной проблемы. Очевидно, что прогресс в этой области требует комплексного подхода, включающего не только научные исследования, но и активное сотрудничество между различными научными, медицинскими и инженерными дисциплинами. Это единственный способ двигаться вперед и обеспечить пациентам доступ к самым современным и эффективным методам лечения, тем самым значительно повышая их шансы на восстановление и возвращение к активной жизни.

1. Koppaka S, Hess-Dunning A, Tyler DJ. Biomechanical characterization of isolated epineurial and perineurial membranes of rabbit sciatic nerve. *Journal of Biomechanics*. 2022;136:111058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2022.111058>.
2. Wang Y, He G, Guo Y, et al. Exosomes from tendon stem cells promote injury tendon healing through balancing synthesis and degradation of the tendon extracellular matrix. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2019;23(8):5475-5485. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcmm.14430>.
3. Ma L, Dong W, Lai E, Wang J. Silk fibroin-based scaffolds for tissue engineering. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2024;12:1381838. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1381838>.
4. Fleischhacker V, Klatter-Schulz F, Minkwitz S, et al. In Vivo and In Vitro Mechanical Loading of Mouse Achilles Tendons and Tenocytes-A Pilot Study. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(4):1313. <https://doi.org/10.3390/ijms21041313>.
5. Lin MT, Chiang CF, Wu CH, Huang YT, Tu YK, Wang TG. Comparative Effectiveness of Injection Therapies in Rotator Cuff Tendinopathy: A Systematic Review, Pairwise and Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2019;100(2):336-349.e15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.06.028>.

6. Gereli A, Akgün U, Uslu S, Ağır I, Ateş F, Nalbantoğlu U. The effect of organic silicon injection on Achilles tendon healing in rats. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2014;48(3):346-354. DOI: <https://doi.org/10.3944/AOTT.2014.3162>.
7. Pitsilos C, Karachrysafti S, Fragou A, Gigis I, Papadopoulos P, Chalidis B. The Biological Effect of Platelet-Rich Plasma on Rotator Cuff Tears: A Prospective Randomized In Vivo Study. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(14):7957. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25147957>.
8. Ribbans WJ, September AV, Collins M. Tendon and Ligament Genetics: How Do They Contribute to Disease and Injury? A Narrative Review. *Life (Basel)*. 2022;12(5):663. DOI: <https://doi.org/10.3390/life12050663>.
9. Wang JH, Komatsu I. Tendon Stem Cells: Mechanobiology and Development of Tendinopathy. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2016;920:53-62. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_5.
10. Marrone W, Andrews R, Reynolds A, Vignona P, Patel S, O'Malley M. Rehabilitation and Return to Sports after Achilles Tendon Repair. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2024;19(9):1152-1165. DOI: <https://doi.org/10.26603/001c.122643>.
11. Yu X, Cui J, Shen Y, Wanxin Guo, Pengfei Cai, Yukie Chen, et al. Current Advancements and Strategies of Biomaterials for Tendon Repair: A Review. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2023;6;28(4):66. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.fbl2804066>.
12. Hou J, Yang R, Vuong I, Li F, Kong J, Mao HQ. Biomaterials strategies to balance inflammation and tenogenesis for tendon repair. *Acta Biomaterialia*. 2021;130:1-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.05.043>.
13. He W, Jiang C, Zhou P, Hu X, Gu X, Zhang S. Role of tendon-derived stem cells in tendon and ligament repair: focus on tissue engineer. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2024;8;12:1357696. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1357696>.
14. Xu Y, Wan-Xia Zhang, Li-Na Wang, Yue-Qing Ming, Yu-Lin Li, Guo-Xin Ni, et al. Stem cell therapies in tendon-bone healing. *World Journal of Stem Cells*. 2021;13(7):753-775. DOI: <https://doi.org/10.4252/wjsc.v13.i7.753>.
15. Zou J, Yang W, Cui W, Li C, Ma C, Ji X, et al. Therapeutic potential and mechanisms of mesenchymal stem cell-derived exosomes as bioactive materials in tendon-bone healing. *Journal of Nanobiotechnology*. 2023;21(1):14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-023-01778-6>.
16. Harvey T, Flamenco S, Fan CM. A Tppp3+Pdgfra+ tendon stem cell population contributes to regeneration and reveals a shared role for PDGF signalling in regeneration and fibrosis. *Nature Cell Biology*. 2019;21(12):1490-1503. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41556-019-0417-z>.
17. Yu X, Cui J, Shen Y, Guo W, Cai P, Chen P, et al. et al. Current Advancements and Strategies of Biomaterials for Tendon Repair: A Review. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2023;28(4):66. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.fbl2804066>.
18. Russo V, El Khatib M, Prencipe G, Cerveró-Varona A, Citeroni MR, Mauro A, et al. Scaffold-Mediated Immunoengineering as Innovative Strategy for Tendon Regeneration. *Cells*. 2022;11(2):266. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells11020266>.
19. Kempfert M, Willbold E, Loewner S, Blume C, Pitts J, Menzel H, et al. Polycaprolactone-Based 3D-Printed Scaffolds as Potential Implant Materials for Tendon-Defect Repair. *Journal of Functional Biomaterials*. 2022;13(4):160. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb13040160>.
20. Zhang H, Pei Z, Wang C, Li M, Zhang H, Qu J. Electrohydrodynamic 3D Printing Scaffolds for Repair of Achilles Tendon Defect in Rats. *Tissue Engineering Part A*. 2021;27(19-20):1343-1354. DOI: <https://doi.org/10.1089/ten.TEA.2020.0290>.
21. Zhang Y, Lei T, Tang C, Chen Y, Liao Y, Just W, et al. 3D printing of chemical-empowered tendon stem/progenitor cells for functional tissue repair. *Biomaterials*. 2021;271:120722. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2021.120722>.
22. Li C, Wang J, Yang W, Yu K, Hong J, Ji X, et al. 3D-printed hydrogel particles containing PRP laden with TDSCs promote tendon repair in a rat model of tendinopathy. *Journal of Nanobiotechnology*. 2023;21(1):177. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-023-01892-5>.
23. Zhang Y, Xue Y, Ren Y, Li X, Liu Y. Biodegradable Polymer Electrospinning for Tendon Repairment. *Polymers*. 2023; 15(6):1566. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15061566>.
24. Adjei-Sowah E, Chandrasiri I, Xiao B, Liu Y, Ackerman J, Soto C, et al. Development of a nanoparticle-based tendon-targeting drug delivery system to pharmacologically modulate tendon healing. *Science Advances*. 2024;10(25):eadn2332. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn2332>.
25. Silva RC, Lourenço BG, Ulhoa PHF, Dias EAF, da Cunha FL, Tonetto CP, et al. Biomimetic Design of a Tendon-Driven Myoelectric Soft Hand Exoskeleton for Upper-Limb Rehabilitation. *Biomimetics*. 2023; 8(3):317. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics8030317>.
26. Yu X, Cui J, Shen Y, Guo W, Cai P, Chen Y, et al. Current Advancements and Strategies of Biomaterials for Tendon Repair: A Review. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2023;28(4):66. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.fbl2804066>.
27. Hou J, Yang R, Vuong I, Li F, Kong J, Mao HQ. Biomaterials strategies to balance inflammation and tenogenesis for tendon repair. *Acta Biomaterialia*. 2021;130:1-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.05.043>.
28. He W, Jiang C, Zhou P, Hu X, Gu X, Zhang S. Role of tendon-derived stem cells in tendon and ligament repair: focus on tissue engineer. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2024;12:1357696. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1357696>.

29. Xu Y, Zhang WX, Wang LN, Ming YQ, Li YL, Ni GX. Stem cell therapies in tendon-bone healing. *World Journal of Stem Cells*. 2021;13(7):753-775. DOI: <https://doi.org/10.4252/wjsc.v13.i7.753>.
30. Zou J, Yang W, Cui W, Li C, Ma C, Ji X, et al. Therapeutic potential and mechanisms of mesenchymal stem cell-derived exosomes as bioactive materials in tendon-bone healing. *Journal of Nanobiotechnology*. 2023;21(1):14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-023-01778-6>.
31. Harvey T, Flamenco S, Fan C. A Tppp3+Pdgfra+ tendon stem cell population contributes to regeneration and reveals a shared role for PDGF signalling in regeneration and fibrosis. *Nature Cell Biology*. 2019;21(12):1490-1503. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41556-019-0417-z>.
32. Russo V, El Khatib M, Prencipe G, Cerveno-Varona A, Citeroni M, Mauro A, et al. Scaffold-Mediated Immunoengineering as Innovative Strategy for Tendon Regeneration. *Cells*. 2022;11(2):266. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells11020266>.
33. Kempfert M, Willbold E, Loewner S, Blume C, Pitts J, Menzel H, et al. Polycaprolactone-Based 3D-Printed Scaffolds as Potential Implant Materials for Tendon-Defect Repair. *Journal of Functional Biomaterials*. 2022;13(4):160. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb13040160>.
34. Hijlkema A, Roozenboom C, Mensink M, Zwerver J. The impact of nutrition on tendon health and tendinopathy: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2022;19(1):474-504. DOI: <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2104130>.
35. Kwan KYC, Ng KWK, Rao Y, Zhu C, Qi S, Tuan R, et al. Effect of Aging on Tendon Biology, Biomechanics and Implications for Treatment Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(20):15183. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms242015183>.
36. Ribbans WJ, September AV, Collins M. Tendon and Ligament Genetics: How Do They Contribute to Disease and Injury? A Narrative Review. *Life (Basel)*. 2022;12(5):663. DOI: <https://doi.org/10.3390/life12050663>.
37. Zhang Y, Xue Y, Ren Y, Li X, Liu Y. Biodegradable Polymer Electrospinning for Tendon Repairment. *Polymers (Basel)*. 2023;15(6):1566. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15061566>.
38. Adjei-Sowah E, Chandrasiri I, Xiao B, Liu Y, Ackerman J, Soto C, et al. Development of a nanoparticle-based tendon-targeting drug delivery system to pharmacologically modulate tendon healing. *Science Advances*. 2024;10(25):eadn2332. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn2332>.
39. Silva RC, Lourenço BG, Ulhoa PHF, Dias EAF, Cunha F, Tonetto C, et al. Biomimetic Design of a Tendon-Driven Myoelectric Soft Hand Exoskeleton for Upper-Limb Rehabilitation. *Biomimetics (Basel)*. 2023;8(3):317. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics8030317>.
40. Demirel M, Aslan N, Aksakal B, Arslan ME. Fabrication of hydroxyapatite-based nano-gold and nano-silver-doped bioceramic bone grafts: Enhanced mechanostructure, cell viability, and nuclear abnormality properties. *Journal of biomedical materials research*. 2023;111(7):1386-1397. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35242>.
41. Iruretagoiena X, Schöffl V, Balius R, Blasi M, Davila F, Sala X, et al. High-resolution ultrasound tendon-to-bone distances in partial and complete finger flexor A2 pulley ruptures simulated in human cadaver dissection: toward understanding imaging of partial pulley ruptures. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2023;11:1123857. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1123857>.
42. Zhang H, Pei Z, Wang C, Li M, Zhang H, Qu J. Electrohydrodynamic 3D Printing Scaffolds for Repair of Achilles Tendon Defect in Rats. *Tissue Engineering, Part A*. 2021;27(19-20):1343-1354. DOI: <https://doi.org/10.1089/ten.TEA.2020.0290>.
43. Zhang Y, Lei T, Tang C, Chen Y, Liao Y, Ju W, et al. 3D printing of chemical-empowered tendon stem/progenitor cells for functional tissue repair. *Biomaterials*. 2021;271:120722. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2021.120722>.
44. Li C, Wang J, Yang W, Yu K, Hong J, Ji X, et al. 3D-printed hydrogel particles containing PRP laden with TDSCs promote tendon repair in a rat model of tendinopathy. *Journal of Nanobiotechnology*. 2023;21(1):177. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-023-01892-5>.
45. Muscat S, Nichols AEC. Leveraging in vivo animal models of tendon loading to inform tissue engineering approaches. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2024;12:1449372. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1449372>.
46. Peng Y, Du L, Yang B, Fan D, Jia S, Zheng C. Efficacy of platelet-rich plasma and platelet-rich fibrin in arthroscopic rotator cuff repair: A systematic review and meta-analysis. *PM&R*. 2023;15(12):1643-1653. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546510388316>.
47. Kim BS, Cho CS. Injectable Hydrogels for Regenerative Medicine. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 2018;15(5):511-512. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13770-018-0161-7>.
48. Tanyeri M, Tay S. Viable cell culture in PDMS-based microfluidic devices. *Methods In Cell Biology*. 2018;148:3-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.mcb.2018.09.007>.
49. Patra JK, Das G, Fraceto LF, Campos EV, Rodriguez-Torres MD, Acosta-Torres LS, et al. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *Journal of Nanobiotechnology*. 2018;16(1):71. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0392-8>.
50. Ye Z, Yuan Y, Kuang G, Qiu L, Tan X, Wen Zhi, et al. Platelet-rich plasma and corticosteroid injection for tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disorders*. 2025;26(1):339. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08566-3>.

51. Meulenkamp B, Stacey D, Fergusson D, Hutton B, Mlis RS, Graham ID. Protocol for treatment of Achilles tendon ruptures; a systematic review with network meta-analysis. *Systematic Reviews*. 2018;7(1):247. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0912-5>.
52. Abdellatif HA, Maaly MAEA, Soltan BSHI, Abdullallah MS. Role of magnetic resonance imaging on fingers in diagnosis of post-traumatic tendon and ligament injuries. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2021;52(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s43055-021-00644-5>.
53. Дремина Н.Н., Трухан И.С., Шурыгина И.А. Клеточные технологии в травматологии: от клетки до тканевой инженерии // *Acta Biomedica Scientifica*. 2020. №6. DOI: <https://doi.org/10.29413/ABS.2020-5.6.8>.
54. Корель А.В., Кузнецов С.Б. Тканеинженерные стратегии для восстановления дефектов костной ткани. Современное состояние вопроса // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 4. С.228-234; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12728>.
55. Leberfinger AN, Dinda S, Wu Y, Koduru S, Ozbolat V, Ravnic D, et al. Bioprinting functional tissues. *Acta Biomaterialia*. 2019;95:32-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.01.009>.
56. Fu S, Lan Y, Wang G, Bao D, Qin Bo, Zheng Q, et al. External stimulation: A potential therapeutic strategy for tendon-bone healing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2023;11:1150290. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1150290>.
57. Demirel M, Aslan N, Aksakal B, Arslan ME. Fabrication of hydroxyapatite-based nano-gold and nano-silver-doped bioceramic bone grafts: Enhanced mechanostructure, cell viability, and nuclear abnormality properties. *Journal of biomedical materials research. Part B*. 2023;111(7):1386-1397. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35242>.
58. Nosrati H, Nosrati M. Artificial Intelligence in Regenerative Medicine: Applications and Implications. *Biomimetics (Basel)*. 2023;8(5):442. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics8050442>.
59. Lee Y, Koo SK, Kim JH. Establishment of a human-induced pluripotent stem cell line, KSCBi014-A, from a long QT syndrome type 2 patient harboring a KCNH2 mutation. *Stem Cell Research & Therapy*. 2021;57:102570. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scr.2021.102570>.
60. Wu H, Lin K, Zhao C, Wang X. Silk fibroin scaffolds: A promising candidate for bone regeneration. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022;10:1054379. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1054379>.
61. Valdivia M, Vega-Macaya F, Olgún P. Mechanical Control of Myotendinous Junction Formation and Tendon Differentiation during Development. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2017;5:26. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2017.00026>.

Смирнов Д.А.
Примеры применения методов электромагнитной резонансной спектроскопии в медицине

(Россия, Владимир)

Аннотация

Электромагнитная резонансная спектроскопия, включая импедансные методы, обеспечивает бесконтактное измерение параметров тканей и жидкостей организма, позволяя выявлять отклонения до проявления клинических симптомов. Метод применяется для диагностики кожных заболеваний, обнаружения вирусных частиц, неинвазивного анализа крови и лимфатической жидкости. Чувствительность повышается за счёт магниторезонансных сенсоров, фиксирующих малейшие изменения структуры и состава тканей. Разрабатываются биосенсоры, где ферменты, ткани, бактерии, антитела, вирусы и ДНК формируют резонансный отклик на электромагнитное поле, обеспечивая анализ сложных растворов без химических реагентов. Технология бесконтактного воздействия на подкожный жир позволяет точно контролировать температуру и локальное воздействие без хирургии. Проект направлен на создание безопасных, точных и неинвазивных диагностических и терапевтических приборов нового поколения.

Ключевые слова: электромагнитная резонансная спектроскопия, импедансные методы, биосенсоры, магниторезонансные сенсоры, неинвазивная диагностика, персонализированная медицина, терапевтические устройства.

Abstract

Electromagnetic resonance spectroscopy, including impedance methods, enables non-contact measurement of tissue and body fluid parameters, allowing the detection of abnormalities before the appearance of clinical symptoms. The method is applied in the diagnosis of skin diseases, detection of viral particles, and non-invasive analysis of blood and lymphatic fluids. Sensitivity is enhanced through the use of magnetic resonance sensors capable of detecting subtle structural and compositional changes in tissues. Biosensors are being developed in which enzymes, tissues, bacteria, antibodies, viruses, and DNA form a resonance response to the electromagnetic field, enabling analysis of complex solutions without chemical reagents. The technology of non-contact impact on subcutaneous fat allows precise temperature control and localized exposure without surgery. The project aims to create a new generation of safe, precise, and non-invasive diagnostic and therapeutic devices.

Keywords: electromagnetic resonance spectroscopy, impedance methods, biosensors, magnetic resonance sensors, non-invasive diagnostics, personalized medicine, therapeutic devices.

Электромагнитная резонансная спектроскопия, включая методы измерения импеданса, представляет собой мощный инструмент для ранней диагностики и мониторинга физиологических состояний человека. Технология позволяет проводить бесконтактные измерения биологических тканей и жидкостей, выявляя даже незначительные отклонения до появления клинических симптомов.

Особое значение имеет анализ импеданса кожных покровов, который успешно применяется для диагностики дерматологических заболеваний, включая начальные стадии меланомы, а также для обнаружения вирусных частиц и загрязнений на поверхности кожи. Помимо этого, методы импедансной спектроскопии находят применение при эндоскопических исследованиях, неинвазивном анализе крови и оценке состояния лимфатической жидкости,

обеспечивая высокую чувствительность благодаря внедрению магниторезонансных сенсоров, способных фиксировать малейшие изменения структуры и состава тканей.

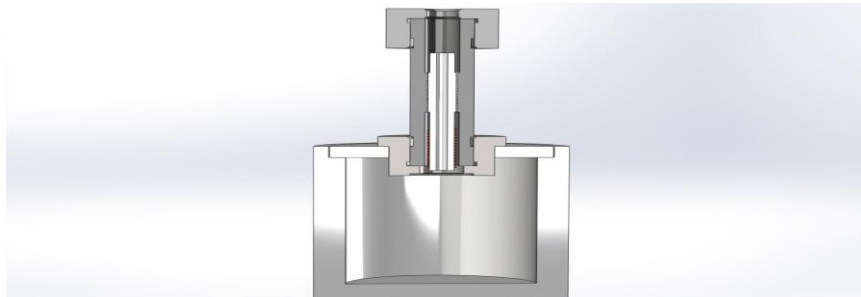
Одним из перспективных направлений является разработка биосенсоров, где ферменты, ткани, бактерии, антитела, вирусы и молекулы ДНК взаимодействуют с электромагнитным полем сенсора, формируя специфический резонансный отклик. Такой подход позволяет анализировать сложные растворы без применения химических реагентов, что особенно важно для экспресс-диагностики и анализа биосред.

Кроме того, внедряются технологии бесконтактного воздействия на слой подкожного жира на основе магниторезонансных принципов. Современные системы обеспечивают трёхмерный контроль зоны воздействия и поддержание температуры в заданных пределах, что позволяет проводить локальное термическое воздействие без хирургического вмешательства и повреждения соседних тканей.

Цель проекта — создание устройства, обеспечивающего безопасное, точное и контролируемое удаление подкожного жира с использованием принципов магнитного резонанса и современных методов нанометрологии. Высокая точность контроля параметров процесса гарантирует эффективность воздействия при полном отсутствии побочных эффектов.

Внедрение электромагнитной резонансной спектроскопии в медицину открывает возможности для создания нового поколения диагностических и терапевтических приборов, объединяющих высокую чувствительность, неинвазивность и возможность точечного воздействия. Эти технологии представляют собой важный шаг на пути к развитию персонализированной медицины.

План квалификационных калибровочных испытаний прототипа капсулы



Модель тестового устройства для начальной стадии испытаний

На первом этапе квалификационно-калибровочных испытаний проводится проверка работоспособности прототипа капсулы и тестовой системы. Контролируемая жидкость отделяется от соленоида только мембраной, толщина которой варьируется от 0,8 до 2 мм. Для экспериментов подготовлено шесть мембран различной толщины, каждая закреплена на индивидуальной гайке.

В качестве исследуемой среды используется дистиллированная вода с минимальной проводимостью, в которую добавлена сертифицированная соляная кислота для регулировки уровня кислотности.

План испытаний предусматривает проверку чувствительности капсулы при пяти значениях pH:

1. Нейтральная среда — pH 7
2. Слабокислая — pH 6
3. Среднекислая — pH 5
4. Выраженно кислая — pH 4
5. Сильнокислая — pH 3

Для каждой из проб измерения проводятся при трёх глубинах погружения капсулы: 2 мм, 5 мм и 10 мм.

Требования к результатам:

- при изменении напряжения, силы тока и частоты импульсов показатели должны различаться для всех уровней кислотности;
- при разных глубинах погружения значения должны изменяться пропорционально глубине;
- полный цикл испытаний проводится для каждой толщины мембраны.

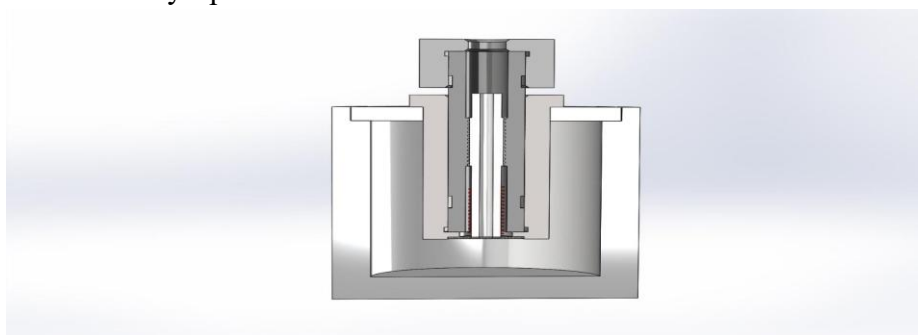
На следующем этапе используются образцы с теми же уровнями кислотности, но с различной концентрацией солей. Для этого применяется водопроводная вода с минерализацией около 250 мг/л. Испытания повторяются для всех пяти уровней рН и всех значений солевого содержания.

Ожидаемые результаты: Показатели кислотности должны изменяться пропорционально при любых подаваемых импульсах, концентрациях солей, глубинах погружения и толщинах мембран.

Далее в жидкость добавляются частицы растительного происхождения и гранулированные элементы, заполняющие весь объём образца. Принципы и порядок испытаний при этом сохраняются.

Показатели кислотности также должны оставаться пропорциональными при варьировании всех перечисленных параметров, включая тип наполнителя — органический или смешанный.

При достижении стабильных и воспроизводимых результатов планируется переход ко второй модели тестового устройства.



Модель тестового устройства для второй стадии испытаний

На втором этапе квалификационных испытаний проверяется работоспособность прототипа капсулы и тестовой системы. Контролируемая жидкость отделяется от соленоида мембраной и стенками корпуса капсулы. Для экспериментов подготовлено шесть мембран толщиной от 0,8 до 2 мм, каждая закреплена на индивидуальной гайке.

В качестве исследуемой среды используется дистиллированная вода с минимальной проводимостью, в которую добавляется сертифицированная соляная кислота для регулировки кислотности.

План испытаний предусматривает проверку чувствительности капсулы при пяти уровнях рН:

- Нейтральная — 7
- Слабокислая — 6
- Среднекислая — 5
- Выраженно кислая — 4
- Сильнокислая — 3

Измерения проводятся при трёх глубинах погружения капсулы: 20 мм, 35 мм и 50 мм.

Требования к результатам:

- Показатели должны различаться при изменении напряжения, силы тока и частоты импульсов для всех уровней кислотности.
- При разных глубинах погружения значения должны изменяться пропорционально глубине.
- Полный цикл испытаний повторяется для каждой толщины мембраны.

На следующем этапе образцы готовятся с теми же уровнями кислотности, но с различной концентрацией солей (водопроводная вода с минерализацией 250 мг/л). Испытания повторяются для всех пяти уровней pH и всех концентраций солей.

Ожидаемые результаты:

- Показатели кислотности должны оставаться пропорциональными при любых подаваемых импульсах, концентрациях солей, глубинах погружения и толщинах мембраны.

Далее в жидкость добавляются частицы растительной органики и гранулированные растительные элементы, полностью заполняющие объём образца. Принципы и порядок испытаний при этом сохраняются.

Ожидаемое поведение системы:

- Показатели кислотности должны оставаться пропорциональными при всех значениях импульсов, концентрациях солей, глубинах погружения, толщинах мембран и типах наполнителя (органический или смешанный).

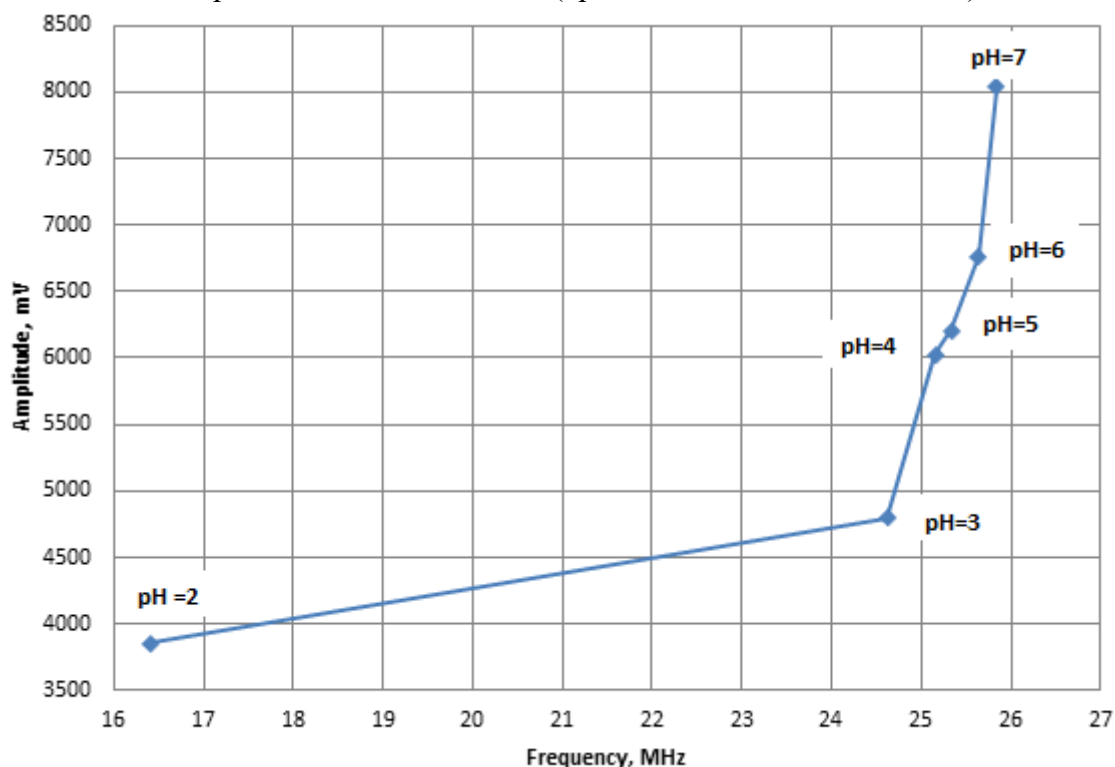


DIAGRAM 3-1

К диаграмме 3-1

Представлены усреднённые показатели измеренного уровня кислотности в образцах, подготовленных на основе симулированного желудочного сока (pH 1,4) с добавлением водопроводной воды (с минерализацией 200 мг/л, pH 7). Диапазон исследованных уровней кислотности: от 2 до 7 единиц.

Результаты измерений:

Уровень pH	Амплитуда (мВ)	Частота (МГц)
2	3800	16,45
3	4700	24,6
4	6000	25,1
5	6200	25,3
6	6700	25,6
7	8070	25,9

С учётом технических требований к автономной измерительной капсуле (диапазон pH от 3 до 10) для дальнейшего сравнительного анализа принимаются следующие значения: средняя частота импульса от 24,6 МГц (минимум) до 25,9 МГц (максимум). Усреднённое значение частоты по пяти уровням кислотности составило 25,3 МГц.

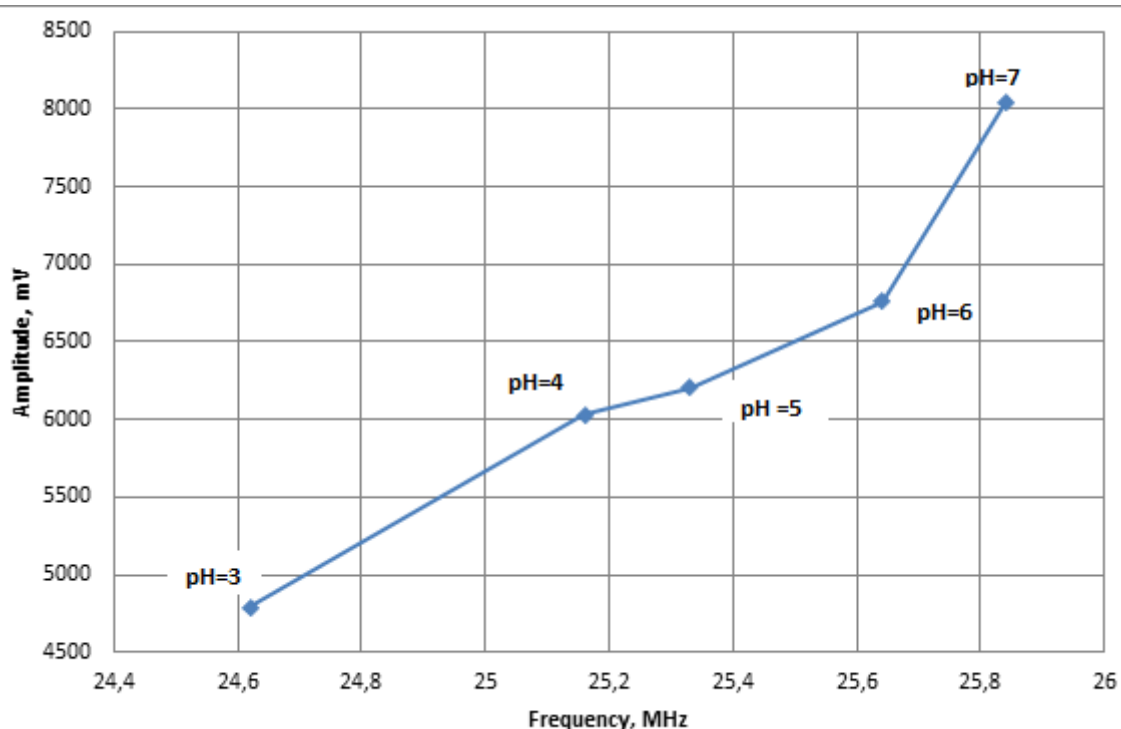


DIAGRAM 3-2

К диаграмме 3-2

Представлены усреднённые показатели измеренного уровня кислотности в образцах, подготовленных на основе симулированного желудочного сока (pH 1,4) с добавлением дистиллированной воды с минерализацией 50 мг/л (pH 7). Диапазон исследованных уровней кислотности: от 3 до 7 единиц.

Результаты измерений:

Уровень pH	Амплитуда (мВ)	Частота (МГц)
3	4750	24,61
4	6050	25,15
5	6200	25,30
6	6730	25,68
7	8080	25,88

С учётом диапазона технических характеристик автономной измерительной капсулы (рН 3–10) для сравнительного анализа принимаются значения частоты от 24,61 МГц (минимум) до 25,88 МГц (максимум). Средняя частота по пяти уровням кислотности составила 25,324 МГц.

Для предварительного усреднения показателей измеряемых параметров образцов на базе симулированного желудочного сока получены следующие значения:

Частота (МГц): 25,312

Амплитуда (мВ):

- рН 3 — 4725
- рН 4 — 6025
- рН 5 — 6200
- рН 6 — 6715
- рН 7 — 8075

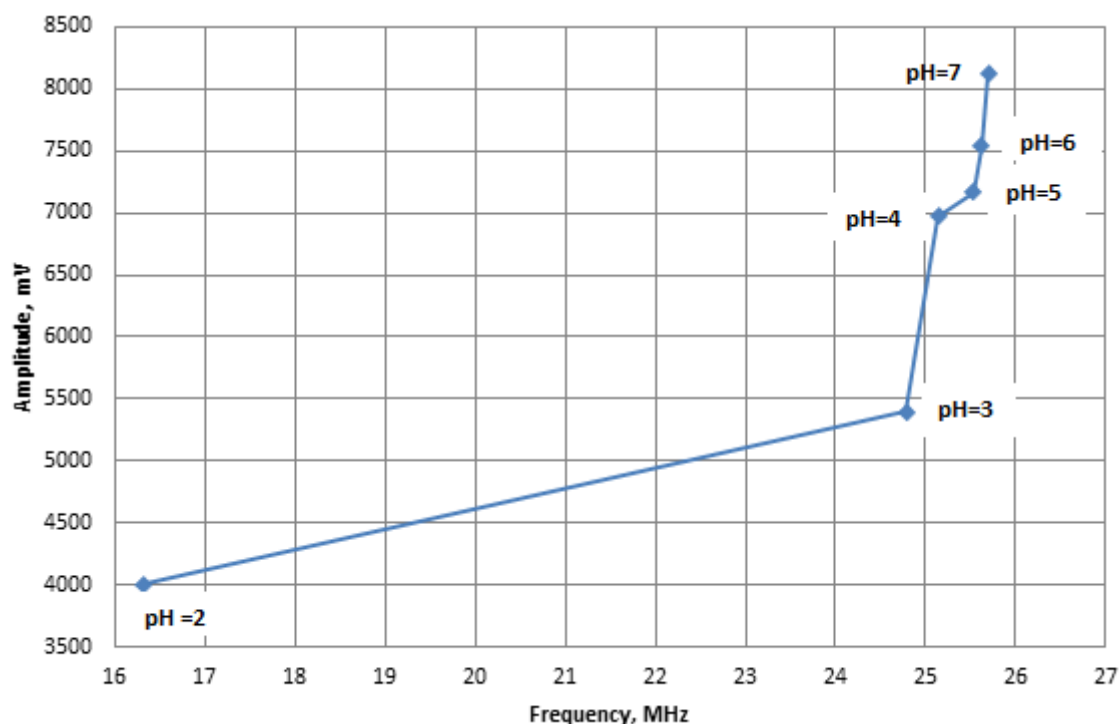


DIAGRAM 3 -3

К диаграмме 3-3

Представлены усреднённые показатели измеренного уровня кислотности в образцах на основе соляной кислоты (рН 1) с добавлением водопроводной воды с минерализацией 200 мг/л (рН 7). Диапазон исследованных уровней кислотности: от 2 до 7 единиц.

Результаты измерений:

Уровень рН	Амплитуда (мВ)	Частота (МГц)
2	4000	16,45
3	5350	24,80
4	6950	25,17
5	7100	25,50
6	7510	25,70
7	8100	25,80

С учётом диапазона технических характеристик автономной измерительной капсулы (рН 3–10) для сравнительного анализа принимаются значения частоты от 24,8 МГц (минимум) до 25,8 МГц (максимум). Среднее значение частоты по пяти уровням кислотности составило 25,394 МГц.

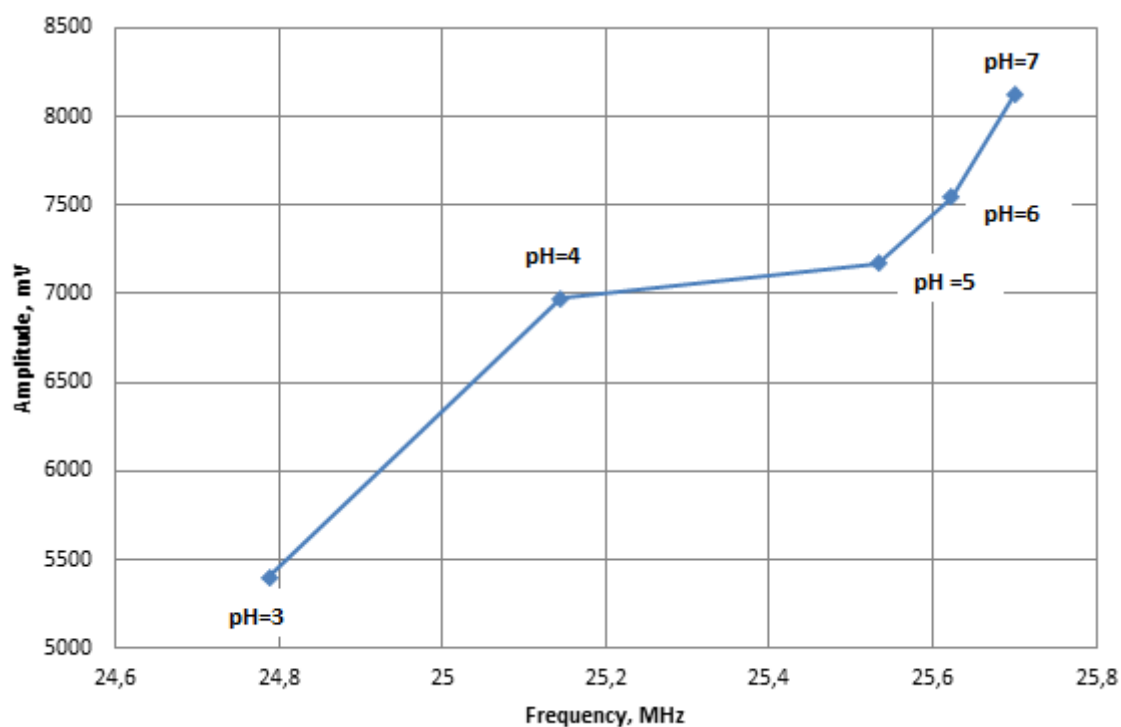


DIAGRAM 3-4

К диаграмме 3-4

Представлены усреднённые показатели измеренного уровня кислотности в образцах на основе соляной кислоты (рН 1) с добавлением дистиллированной воды с минерализацией 50 мг/л (рН 7). Диапазон исследованных уровней кислотности: от 3 до 7 единиц.

Результаты измерений:

Уровень рН	Амплитуда (мВ)	Частота (МГц)
3	5400	24,71
4	6900	25,15
5	7100	25,55
6	7510	25,67
7	8100	25,70

Средняя частота подаваемого импульса составила 25,356 МГц. Предварительные средние значения по частоте и амплитуде для образцов на базе соляной кислоты:

- Частота: 25,375 МГц
- Амплитуда (мВ):
 - рН 3 — 5375
 - рН 4 — 6925
 - рН 5 — 7100
 - рН 6 — 7510
 - рН 7 — 8100

Предельные отклонения:

- Частота: 25,312–25,334 МГц (поле допуска 0,022 МГц)

- Амплитуда:
 - рН 3 — 4725–5375 мВ (поле допуска 650 мВ)
 - рН 4 — 6025–6925 мВ (поле допуска 900 мВ)
 - рН 5 — 6200–7100 мВ (поле допуска 900 мВ)
 - рН 6 — 6715–7510 мВ (поле допуска 795 мВ)
 - рН 7 — 8075–8100 мВ (поле допуска 25 мВ)

1. Приложение 4.1 — US Patent 10,732,237, Slobozhanyuk et al., Aug 4, 2020 Метод и устройство для МРТ и магнитно-резонансной спектроскопии с использованием метаматериала для усиления радиочастотного сигнала, повышения качества диагностики внутренних органов и безопасности обследования.
2. Приложение 4.2 — US Patent 10,564,308, Godoy et al., Feb 18, 2020 Аппаратура для ЭПР-спектроскопии проточной жидкости, включая частотные и магнитные сканирования для получения спектров с высокой точностью.
3. Приложение 4.3 — US Patent 9,952,297, Wang, Apr 24, 2018 Параллельная волноводная линия для широкополосной ядерно-магнитной резонансной визуализации; обеспечивает эффективное возбуждение и приём радиосигналов.
4. Приложение 4.4 — US Patent 9,316,709, Hetherington et al., Apr 19, 2016 Усовершенствованная приёмопередающая система для МРТ и МР-спектроскопии, обеспечивающая высокую точность визуализации и данных для клинической диагностики.
5. Приложение 4.5 — US Patent 9,018,954, Yonamoto et al., Apr 28, 2015 Держатель образца для ЭДС-ЭПР спектроскопии с минимизацией индуцированных шумов и многоуровневой конструкцией контактов.
6. Приложение 4.6 — US Patent 8,884,608, Neu et al., Nov 11, 2014 Микрорезонансный радиочастотный зонд с интеграцией атомно-силовой микроскопии для биомедицинских и клинических исследований.
7. Приложение 4.7 — US Patent 8,780,344, Tang et al., Jul 15, 2014 Системы для поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии (SERS) с волноводами, оснащёнными массивами структур для резонансного усиления светового сигнала от молекул анализируемого вещества.
8. Приложение 4.8 — US Patent 8,754,644, Trakic et al., Jun 17, 2014 Устройство и метод МРТ с подвижным компонентом поля, позволяющим изменять электромагнитное поле в процессе сканирования для улучшения качества визуализации.
9. Приложение 4.9 — US Patent 8,330,952, Wu et al., Dec 11, 2012 Система для рамановской спектроскопии с волноводным резонатором и каналами для жидкости, обеспечивающая усиление сигнала и детекцию фотоприёмником.
10. Приложение 4.10 — US Patent 7,151,598, Poponin, Dec 19, 2006 Метод и устройство для наноспектроскопического сканирования с использованием плазмон-резонансных наночастиц для усиления сигналов Рамановской спектроскопии.
11. Приложение 4.11 — US Patent 5,719,499, Chandrakumar, Feb 17, 1998 Устройство для возбуждения и регистрации магнитного резонанса с ортогональными катушками; применимо для NMR и ESR/EPR спектроскопии, включая селективные и *in vivo* исследования.
12. Приложение 4.12 — US Patent 5,663,648, Chapman et al., Sep 2, 1997 Градиентные катушки повышенной эффективности для МРТ и МР-спектроскопии с уменьшенным энергопотреблением и высокой производительностью.
13. Приложение 4.13 — US Patent 5,293,120, Gentsch et al., Mar 8, 1994 Резонатор для электронной спин-резонансной спектроскопии с настройкой частоты через подвижные элементы и оптимизированным сопряжением волновода и полости.
14. Приложение 4.14 — US Patent 5,291,422, Esztergar, Mar 1, 1994 Широкополосный инструмент для неразрушаемого измерения свойств материалов, объединяющий спектроскопические методы и методы магнитного резонанса.
15. Приложение 4.15 — US Patent 5,149,946, Jerome et al., Sep 22, 1992 Метод аутентификации объектов с использованием электронной парамагнитной резонансной спектроскопии (EPR), включая устройство для реализации метода и специальные аутентифицирующие вещества.

РАЗДЕЛ IV. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bayramova Z.E., Zeynalova A.B., Ismailova E.A., Guliyeva A.Y., Isgenderova T.A.
Hydrogenation of cyclopentadiene in the β -dextrin-nickelporphyrin catalytic system

*Scientific Research Institute of Geo-technological Problems Oil, Gas and Chemistry
(Azerbaijan, Baku)*

Abstract

The article discusses the catalytic properties of the β -cyclodextrin-nickelporphyrin complex. In the study, the synthesized nickelporphyrin was encapsulated in the cyclodextrin cavity. It was found that the formation of the complex changes its physicochemical and catalytic properties. The resulting complex is capable of absorbing molecular hydrogen and converting it into an active hydride form. Activated hydrogen participates in diene hydrocarbon hydrogenation reactions. It has been experimentally shown that in the presence of this catalyst, effective hydrogenation of cyclopentadiene occurs with a high yield of products. The reactions were carried out at a temperature of 200C, a pressure of 2.0 MPa and in a dimethylformamide medium. The results of the study demonstrate the high efficiency of the supramolecular catalytic system β -cyclodextrin-nickelporphyrin in hydrogenation processes.

Keywords: cyclodextrin, nickelporphyrin, dimethylformamide, catalytic system, hydrogenation.

Аннотация

В статье рассматриваются каталитические свойства комплекса β -циклодекстрин-никельпорфирин. В проведенном исследовании синтезированный никельпорфирин был инкапсулирован в полость циклодекстрина. Установлено, что образование комплекса изменяет его физико-химические и каталитические свойства. Полученный комплекс способен поглощать молекулярный водород и превращать его в активную гидридную форму. Активированный водород участвует в реакциях гидрирования диеновых углеводородов. Экспериментально показано, что в присутствии данного катализатора происходит эффективное гидрирование циклопентадиена с высоким выходом продуктов. Реакции осуществлялись при температуре 200C, давлении 2,0 Мпа и в среде диметилформамида. Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность супрамолекулярной каталитической системы β -циклодекстрин-никельпорфирин в процессах гидрирования.

Ключевые слова: циклодекстрин, никельпорфирин, диметилформамид, каталитическая система, гидрирование.

Of the many types of nanosized particles and materials studied, cyclodextrins (CD) have attracted the attention of researchers for several decades. Interest in them is due to their cyclic structure and ability to form, due to the internal cavity, numerous inclusion compounds with various hydrophobic “guests” [1]. Cyclodextrins have important properties: non-toxicity, biodegradability and relative cheapness. Cyclodextrins are of particular interest as auxiliary substances in biochemical research and pharmacology, where they are used mainly for encapsulation of various drugs. Cyclodextrins (CD) are macrocyclic compounds consisting of six (α -CD), seven (β -CD) or eight (γ -CD) residues of D-(+)-glucopyranosine, linked into macrocycles by α -D-1,4-glycosidic bonds. The resulting structures contain a toroidal cavity with hydrophobic properties [2,3].

All secondary hydroxyl groups are located on the broad base of the cone, the primary ones are at the opposite end. Due to this structure, CD can interact with hydrophobic molecules to form inclusion complexes of the "host-guest" type, thereby increasing their solubility. Since the end of the 20th century, there has been a need to create highly selective supramolecular catalytic systems for the hydrogenation of heavy petroleum residues. The preparation and use of this type of catalysts, operating under conditions of homogeneous catalysis, not only reduces their cost, but also simplifies the technological processes of hydroprocessing of petroleum residues, and also sharply reduces the amount of equipment used [4-6].

In this article we mixed nickelporphyrin synthesized by us into the cavities of cyclodextrin and with this its physical and chemical properties changed. Catalytic properties were studied in reactions of diene hydrogenation using cyclodienes. When using nickel porphyrins with the participation of receptors, it was found that such systems are capable of absorbing molecular hydrogen.

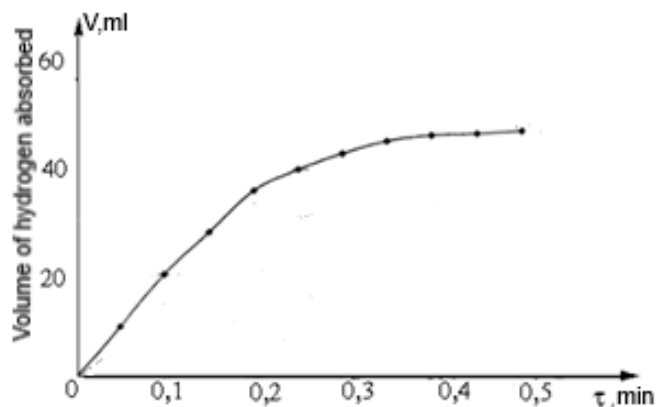
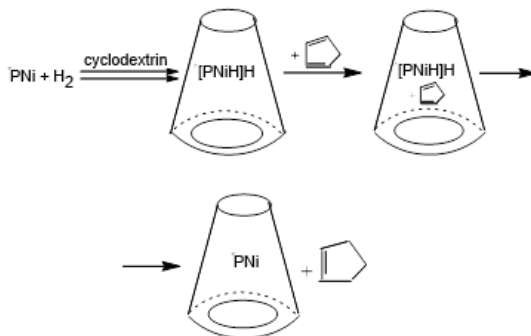


Fig. 1. Hydrogenation of nickel(1)porphyrin complexes.

The process is carried out at a temperature of 20°C. The initial concentration of metalloporphyrins is (5x10⁻³ mol/l). Dimethylformamide was used as a solvent, and β-cyclodextrin as a receptor. The results obtained are shown in figure 1. It is evident that nickelporphyrin is capable of absorbing hydrogen, and it is the strongest hydrogen absorber. The absorption of a hydrogen molecule cannot be taken only as entering the receptor cavity. This is characterized by the presence of a physicochemical interaction between the metal in the porphyrin ring and hydrogen. This physicochemical interaction is represented as a weak oxidation-reduction process. In other words, nickel-porphyrin, absorbing hydrogen in the void of β-cyclodextrin, activates it. Activated hydrogen is capable of hydrogenating diene hydrocarbons. In the cavity of β-cyclodextrin, cyclodextrin is easily hydrogenated with nickel porphyrinide and converted into cyclopentene. It should be noted that cyclopentene is not hydrogenated in the subsequent stage. The mechanism of the hydrogenation reaction is that in the void of β-cyclodextrin, hydrogen with nickel porphyrin, as noted above, is converted into hydride.



β -cyclodextrin-nickelporphyrin, being a supramolecular catalytic system, again includes hydrogen and cyclopentadiene into its cavity and completes the process again. Hydrogenation of cyclopentadiene was demonstrated in high yield using the β -cyclodextrin-nickelporphyrin system (Fig. 2).

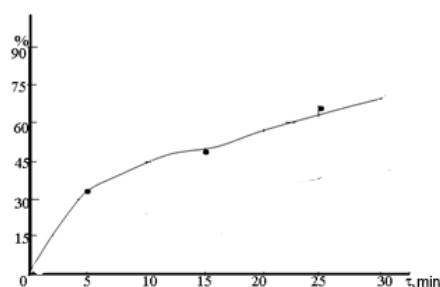


Fig. 2. Hydrogenation of cyclopentadiene in the catalytic system of β -dextrin-nickelporphyrin.

Hydrogenation is carried out at a temperature of 20°C and a pressure of 2.0 MPa. The amount of nickel porphyrin in terms of unsaturated compound is 2.5-3.0%. The process is carried out in a dimethylformamide medium.

It should be noted that the β -cyclodextrin-nickelporphyrin system is an effective catalytic system. In the presence of this catalyst, the yield of products reaches 36-64%.

Only hydrogen molecules that have converted to hydride forms participate in the hydrogenation process, and molecular hydrogen does not participate in the reduction processes. In this aspect, the β -dextrin-nickelporphyrin catalytic system is a strong hydride former. The hydride complex $[\text{NiH}]$ formed by the β -dextrin-nickelporphyrin catalytic system and molecular hydrogen adds to n-dienes and α,β -unsaturated ketones at position 1,4.

1. Chernykh E. V., Brichkin S. B. Supramolecular complexes based on cyclodextrins // High Energy Chemistry. – 2010. – T. 44. – №. 2. – С. 83-100.
2. Fazilov S. et al. Cyclodextrins as supramolecular containers of chemical compounds // "Reports of the NAS RK". - 2024. - No. 2. - P. 241-262.
3. Dodziuk H. Cyclodextrins and Their Complexes. Chemistry, Analytical Methods, Applications. – Warsaw: Willey-VCH, Weinheim, — 504 p, 2006.
4. Nikitin N. A. Cyclodextrins and their inclusion complexes (literature review) // Issues of biological, medical and pharmaceutical chemistry. - 2015. -№. 6. - P. 3-11.
5. Karakhanov E. A., Maksimov A. L., Runova E. A. Creation of supramolecular metal complex catalytic systems for organic and petrochemical synthesis // Uspekhi khimii. – 2005. – V. 74. – No. 1. – P. 104-119.
6. Isaeva E. L., Aslambekova E. R. Studies of complex formation with the participation of β -cyclodextrins // Bulletin. - 2019. - P. 98.

Мадатова Ф.З., Агаева К.Х., Исмаилова Д.Г.

Активность кобальт содержащих катализаторах в реакции паровой конверсии этанола

*Научно-исследовательский институт Геотехнологических проблем нефти, газа и химии
(Азербайджан, Баку)*

Аннотация

В работе приведен краткий температурный обзор по активности кобальтсодержащих катализаторов в реакции паровой конверсии этанола в водород. На основе проведенного обзора синтезированы кобальт содержащие оксидные катализаторы с добавками железа, магния и цинка. Показано что синтезированные катализаторы обладают высокой активностью в реакции паровой конверсии этанола в водород. Выход водорода на изученных катализаторах достигает до 70%.

Ключевые слова: паровая конверсия этанола, водород, катализатор, оксид кобальта, бинарные катализаторы.

Abstract

A brief review of literature data on the activity of the cobalt – containing catalysts in the steam reforming of ethanol into hydrogen is given in the paper. Cobalt oxide catalyst with iron magnesium and zinc was synthesized based on the proposed survey. The synthesized catalysts have high activity in the reaction of the steam reforming of ethanol into hydrogen. Hydrogen yield reaches 70% at the investigated catalysts. As is known, hydrogen is considered the fuel of the future and in the near future it will become the main source of energy, since fossil resources will be insufficient to meet global energy demand. A promising method of producing hydrogen is ethanol reforming. Ethanol has several advantages over other raw materials, but the most important is its production from renewable sources of raw materials and, as a result, a reduction in CO₂ emissions. Ethanol has a relatively high hydrogen content and when it interacts with water, up to six moles of hydrogen can be obtained per mole of ethanol.

Keywords: steam reforming of ethanol, hydrogen, catalyst, cobalt oxide, binary catalysts.

Введение

Водород считается основным источником химической энергии, которую можно преобразовывать непосредственно в электричество и топливные элементы с нулевым выбросом вредных выбросов, таких как летучие органические соединения, оксиды азота и углерода. Производство водорода в соответствии с выработкой энергии с помощью топливного элемента считается перспективной альтернативой стационарным и портативным устройствам получения энергии в будущем. Для получения водорода применяют различные методы: электролиз воды, газификацию, парциальное окисление тяжелой нефти и буксовый риформинг органических соединений. В настоящее время около 90% водорода в промышленности производится реакцией высокотемпературной паровой конверсии легких фракций природного газа или нефти. Привлекательной альтернативой производству водорода является реакция паровой конверсии этанола. В реакции паровой конверсии этанола можно получить шесть молей водорода на один моль этанола. Этанол имеет некоторые преимущества по сравнению с другим сырьем, наиболее важным из которых является его производство из возобновляемого сырья и, как следствие, сокращение выбросов CO₂. С другой стороны, производство водорода реакцией риформинга этанола буксами не только экологически безопасно, но и открывает новые перспективы использования возобновляемого сырья, доступного в мире. В литературе представлены каталитические и физико-химические сведения об одно- и многокомпонентных кобальтсодержащих катализаторах и их взаимодействии. Также мало исследований по модифицирующему влиянию различных добавок на активность кобальтсодержащих катализаторов. В связи с этим актуальным считается синтез кобальтсодержащих катализаторов

и систематическое изучение их физико-химических свойств и реакционной способности в реакции паровой конверсии этанола в водород.

Экспериментальная часть.

Как известно водород считается топливом будущего и в недалеком будущем он станет основным источником энергии, так как ископаемые ресурсы будут недостаточны для удовлетворения глобального спроса на энергию.

Как видно из обзора периодической литературы кобальтсодержащие катализаторы широко применяются в реакции паровой конверсии этанола в водород. В связи с этим нами проведены предварительные исследования активности кобальтсодержащих катализаторов с добавками магния, цинка и железа в реакции паровой конверсии этанола в водород. Исследование реакции паровой конверсии этанола на синтезированных кобальтсодержащих катализаторах показало, что основным продуктом реакции являются водород и углекислый газ. В качестве побочных продуктов также образуются этилен, ацетальдегид, монооксид углерода и метан. Ниже на рисунке 1 приведены результаты исследования реакции паровой конверсии этанола на катализаторе Fe:Co=1:9. Как видно из рисунка реакции паровой конверсии этанола начинается при температуре 2000C . При этой температуре образуется небольшое количество водорода (3%). Дальнейшее повышение температуры приводит к образованию и других продуктов реакции. Из рисунка видно, что с увеличением температуры выход водорода увеличивается и при 4000C достигает 60% и с дальнейшим увеличением температуры изменяется незначительно. Конверсия этанола при температурах выше 4000C достигает 80%. Результаты исследования реакции паровой конверсии этанола на катализаторе Mg:Co= 1:9 приведены на рисунке 2. Как видно из рисунка, реакция паровой конверсии этанола начинается при 2500C. При этой температуре наблюдаются образование 3.4%водорода и 8.5% ацетальдегида. Из рисунка также видно, что образование ацетальдегида на этом катализаторе наблюдается только при низких температурах (250-4000C). С ростом температуры реакции до 4000C выход водорода резко возрастает и затем медленно повышается 56.6% при 7000C. При этих температурах выход водорода достигает 61.1%. Выход метана с ростом температуре реакции проходит через максимум при температуре 3500C (37.7%).

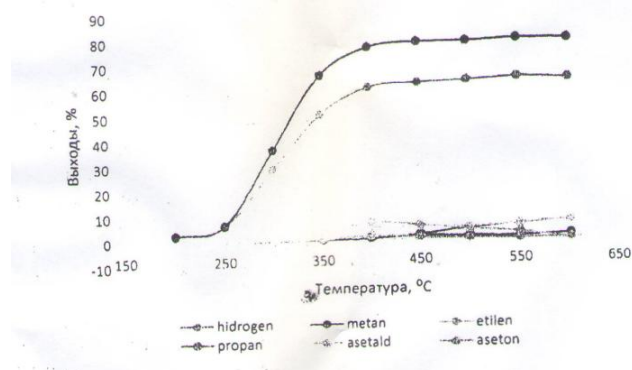


Рис. 1 Активность катализатора Fe:Co=1:9 в реакции паровой конверсии этанола в водород

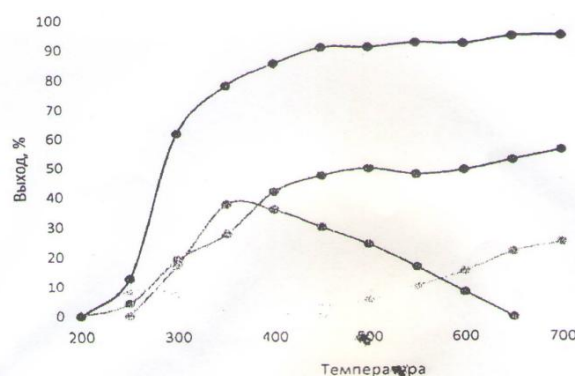


Рис. 2. Активность катализатора Mg:Co= 1:9 в реакции паровой конверсии этанола в водород

Как видно из рисунка 2 выход монооксид углерода возрастает во всем изученном интервале температур, при этом наибольший его выход не превышает 25.5%. На этом Mg:Co=1:9 достигает порядка 96%.

Результаты исследования реакции паровой конверсии этанола на катализаторе Zn:Co=1:9 приведены на рис. 3. Реакция паровой конверсии этанола начинается при температуре 2000С. При этой температуре образуется небольшое количество уксусного альдегида (2.1%). С увеличением температуры реакции выход уксусного альдегида проходит через максимум при 3500С (18.2) и при 6000С в продуктах реакции образование уксусного альдегида не наблюдается. Как видно из рисунка 3 дальнейшее повышение температуры приводит к образованию и других продуктов реакции. Образование ацетона наблюдается лишь в небольших количествах (до 5.7%) в температурном интервале 300-4500С. Образование водорода, метана и монооксида углерода начинается при 400-4500С и выше 5000С основным направлением превращения этанола является реакция его паровой конверсии в водород. Как можно видеть из рисунка 1 максимальный выход водорода на катализаторе Zn:Co=1:9 доитигает 55% при температуре выше 6000С . Из рисунка также видно, что с ростом температуры выход монооксида углерода изменяется симбатно с выходом водорода, вто время как выход метана проходит через максимум при 5000С. Конверсия этанола на изученном катализаторе достигает до 90%.

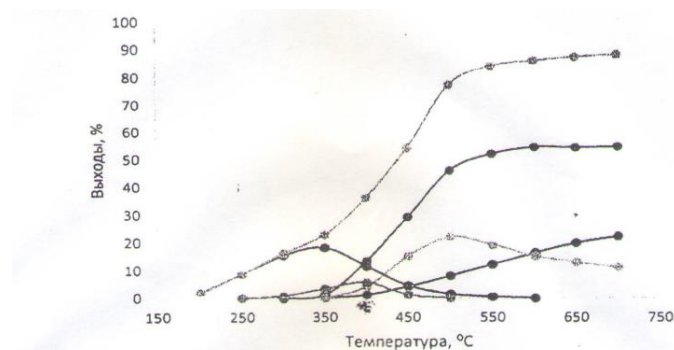


Рис. 3. Активность катализатора Zn:Co=1:9 в реакции паровой конверсии этанола в водород

Вывод

Таким образом, проведенные исследования показали, что синтезированные нами кобальт – оксидные катализаторы с добавками железа, магния и цинка обладают достаточно высокой активностью в реакции паровой конверсии этанола в водород и могут быть перспективны для дальнейшего их промотирования.

1. J.D.Holladay, J.Hu. Y.Wang, D.L.King.An overview of hydrogen production technologies, Catalysis Today, 2009, p. 244-260
2. Barbara Lorenzut, Tiziano Montini, Loredana De Rogatis et al. Hydogen production through alcohol steam reforming on Cu/MgO-based catalysts. Applied Catalysis B,2011, Volume 101, Issue 3-4, p.266-274
3. Mei yang, Shulian Li and Guangwen Chen. High-temperature steam reforming of methanol over MgO-Al₂O₃ catalysis. Applied Catalysis B, 2011,Volume 101,Issue 3-4, p. 409-416
4. Byeong Sub Kwek , Jiyem, Misook Kang, Hydrogen production from ethanol steam reforming over core- shell structured NixOy-,FexOy-, and CoxOy –Pd catalysis,International Journal of Hydrogen Energy , Volume 35, Issue 21, November 2010, p.11829-11843
5. Elisabetta Finocchio, Ilenia Rossetti, Gianguida ramis, Redox properties of Co-and Cu-based catalysts for the steam reforming of ethanol, International Journal ofHydrogen Energy, Volume 38,Issue 8,19 March 2013, p. 3216-3225.

РАЗДЕЛ V. ФИЗИКА

Бураго С.Г.

Красное смещение от источника света, перемещающегося относительно регистрирующего прибора. Неизвестное о квазарах

Московский авиационный институт
(Россия, Москва)

Аннотация

В статье рассматривается вопрос, насколько оправдано применение закона Доплера в астрономии. Обращается внимание на то, что закон Доплера, полученный для звуковых волн в атмосфере воздуха и приспособленный для распространения света простой заменой скорости звука на скорость света, приводит к ошибке, когда красное смещение в спектрах звезд оказывается больше единицы. В этом случае скорость источника света оказывается больше скорости света. Это нарушило второй постулат СТО Эйнштейна, что является “табу” для современных разделов науки: физики, астрономии, астрофизики.

С использованием гипотезы Ритца в статье получена новая формула, связавшая красное смещение в спектрах от источника излучений света со скоростью его движения относительно приемника света

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{C \pm V}.$$

В полученной формуле знак плюс следует использовать, когда источник света приближается к приемнику. Знак минус следует применять, когда источник света удаляется от приемника. Ни при каких значениях красного смещения скорость источника света V не превысит значения скорости света (в пустоте). Эту формулу следует применять в астрономических исследованиях явлений, связанных с распространением света в пространстве.

Кроме того, в статье приводится новая формула (закон), определяющая зависимость красного смещения от времени и расстояния движения света от далекой звезды к Земле через континуум темной материи. Показано, что большие красные смещения в спектрах далеких галактик и квазаров не связаны с представлением о расширении пространства Вселенной. Она более правильно отражает реалии окружающего нас мира, чем известный закон Хаббла. Это подтверждается расчетами красного смещения для квазаров.

Ключевые слова: закон Доплера, звуковые волны, красное смещение, нарушение второго постулата СТО А.Эйнштейна, гипотеза Ритца, новая формула зависимости красного смещения от расстояния, красные смещения не связаны с представлением о расширении пространства, получена формула точнее закона Хаббла, неизвестное о квазарах.

Abstract

The article examines the question of how justified the application of the Doppler law is in astronomy. It is noted that the Doppler law, obtained for sound waves in the atmosphere and adapted for the propagation of light by simply replacing the speed of sound with the speed of light, leads to an error when the red shift in the spectra of stars is greater than one. In this case, the speed of the light source is greater than the speed of light. This violated the second postulate of Einstein's STR, which is "taboo" for modern sections of science: physics, astronomy, astrophysics.

Using the Ritz hypothesis, a new formula was obtained in the article that linked the red shift in the spectra of a light source with the speed of movement of the light source relative to the light

receiver.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{C \pm V}.$$

In the resulting formula, the plus sign should be used when the light source is approaching the receiver. The minus sign should be used when the light source is moving away from the receiver. At no value of the red shift will the speed of the light source V exceed the value of the speed of light (in a vacuum). This formula should be used in astronomical studies of phenomena related to the propagation of light in space.

It is shown that when photons of light move in the dark matter continuum from a star to the Earth, the mass of the photons increases and their speed decreases so much that the photons at the end of their journey are destroyed into atoms of dark matter and cease to exist. Photons at rest are not observed.

In addition, the article presents a new formula (law) that determines the dependence of the red shift on the time and distance of light travel from a distant star to the Earth through the continuum of dark matter. It is shown that large red shifts in the spectra of distant galaxies and quasars are not related to the idea of the expansion of space in the Universe. This formula more accurately reflects the realities of the world around us than the well-known Hubble law. This is confirmed by calculations of the red shift for quasars.

Keywords: laws of E. Hubble and Doppler, galaxies, quasars, red shifts greater than the speed of light, A. Einstein, new formulas for the laws of Hubble and Doppler.

В статье рассматривается вопрос, насколько оправдано применение закона Доплера в астрономии. Эффект Доплера заключается в том, что частота и длина волны излучения (звука), воспринимаемая наблюдателем, изменяются вследствие движения источника излучения. Эффект используется для определения скорости движения объектов при помощи датчиков скорости. Радиосигналы, посылаемые радаром, отражаются от движущегося объекта и возвращаются обратно. При этом смещение частоты, с которой сигналы возвращаются, имеют непосредственную связь со скоростью источника. Сопоставляя эту скорость с изменением частоты излучения, можно вычислить скорость источника излучений относительно их приемника. В основании эффекта Доплера находится формула (закон Доплера)

$$\nu = \nu_0 \cdot \frac{1 + \frac{U}{C}}{1 - \frac{V}{C}}, \quad (1)$$

в которой U -скорость приемника относительно окружающей среды; V -скорость источника волн относительно окружающей среды Число волн, прошедших за единицу времени мимо прибора ν (частота) связана с длиной волны λ формулой $\nu = C/\lambda$. Для неподвижного источника частота ν_0 и длина волны света λ_0 связаны зависимостью $\nu_0 = C/\lambda_0$. С учетом этих соотношений выражение (1), связывающее частоту колебаний с длиной волны, позволяет записать закон Доплера в виде

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{V}{a}. \quad (2)$$

Здесь a - скорость распространения слабых возмущений в газообразной сплошной среде (воздухе). Она равна скорости звука в воздухе $C = 3 \cdot 10^8$ м/с. Доплер обнаружил свой закон в 1842 году, когда считалось, что все пространство Вселенной заполнено невидимой разреженной средой-эфиром, сквозь которую волны света распространялись так же, как волны звука распространяются в воздухе. Поэтому астрономы применили закон Доплера для практического использования, взяв в качестве скорости распространения слабых возмущений в эфире скорость света в пустоте $C = 3 \cdot 10^8$ м/с (вместо скорости звука в воздухе $a = 340$ м/с). Закон Доплера был переписан к виду

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{V}{C}. \quad (3)$$

В этой формуле скорость движения источника света считается положительной, если источник удаляется от приемника. В этом случае красное смещение $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ растет. Если источник излучений приближения к приемнику, то красное смещение уменьшается. Закон Доплера широко используется в астрономии для определения лучевых скоростей звёзд и туманностей по отношению к Земле, для определения угловых скоростей вращения этих объектов и в ряде других случаев.

Такое положение удовлетворяло астрономов до тех пор, пока красные смещения в спектрах звезд не стали превышать единицу. Согласно закону Доплера (3) это означало, что источники света удаляются от Земли (приемника излучений) со скоростями, превышающими скорость света (в пустоте). Это противоречило ОТО А.Эйнштейна, что является “табу” для современных разделов науки: физики, астрономии, астрофизики. Астрономам пришлось выкручиваться из этого положения. Была придумана формула [8], связавшая красное смещение со скоростью удаления звезд и галактик, излучавших свет в направлении Земли

$$1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1 - V/C}{\sqrt{1 - V^2/C^2}}. \quad (7)$$

Эта формула, ни при каких значениях красного смещения, больших единицы, не давала скорости источника света (звезде или галактике) превысить скорость света. Но эта формула уже не была формулой Доплера. Ее смысл не ясен. Такое впечатление, что формула получена примитивной подгонкой под известный, заранее заданный результат.

В этой статье рассмотрен другой путь решения проблемы больших значений красного смещения. Физика установила, что свет состоит из частиц, называемых фотонами. В каждом атоме источника излучения фотонов есть центр, называемый ядром, а вокруг него вращаются электроны. Когда к атомам источника излучения подводится энергия, в том числе подлетевшим фотоном от другого источника, электрон в атоме перейдет на более высокую орбиту и получит потенциальную энергию. Когда электрон вернется в свое нижнее или естественное состояние он выделит энергию, то есть выпустит фотон света. Движение фотонов, излученных источником, в пространстве выстраивает линию, называемую лучем света. Вслед за Ритцем (гипотеза Ритца (Ritz W) [1,3,7]) считаем, что фотоны покидают излучающий атом со скоростью света в пустоте ($C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$) относительно самого атома. Если атом имеет собственную скорость V , то скорость фотона относительно постороннего наблюдателя будет представлять собой сумму этих скоростей

$$C' = C + V. \quad (4)$$

Фундаментом этой формулы служит то, что фотоны, являясь материальными частицами, обладают массой движения. (Фотоны без движения не наблюдаются). Следовательно, движение фотонов должно подчиняться законам Галилея и Ньютона о сложении скоростей так же, как для всех материальных тел.

Пусть источник света перемещается относительно поля темного газа и неподвижного приемника света со скоростью V , либо приближаясь к приемнику света, либо удаляясь от него. Если источник излучения движется по направлению к регистрирующему прибору со скоростью V относительно поля темного газа, то число волн ν' , прошедших за единицу времени мимо прибора (частота) с учетом (4) будет

$$\nu' = (C + V) / \lambda_0. \quad (5)$$

Если источник излучения удаляется от регистрирующего прибора со скоростью V относительно поля темного газа, то число волн ν' , прошедших за единицу времени мимо прибора (частота) с учетом (4) будет

$$\nu' = (C - V) / \lambda_0. \quad (6)$$

Здесь $\nu' = C/\lambda'$ число волн, прошедших за единицу времени мимо прибора (частота). C - скорость света в пустоте, V - скорость источника излучения света, λ_o длина волны света, испущенного неподвижным источником, λ' длина волны света, испущенного источником света, движущегося со скоростью V относительно поля темного газа.

Длина волны света, движущегося навстречу к регистрирующему прибору, запишется в виде

$$\lambda' = \lambda_o \frac{C}{C+V} < \lambda_o. \quad (7)$$

Длина волны света, удаляющегося от регистрирующего прибора, запишется в виде

$$\lambda' = \lambda_o \frac{C}{C-V} > \lambda_o. \quad (8)$$

λ_o - длина волны света, испущенного неподвижным источником. Из полученных формул видно, что длина волны от источника, приближающегося к регистрирующему прибору, уменьшается на величину

$$\Delta\lambda = \lambda_o - \lambda' = \lambda_o - \lambda_o \frac{C}{C+V} = \lambda_o \cdot \left(1 - \frac{C}{C+V}\right) = \lambda_o \frac{C+V-C}{C+V} = \lambda_o \frac{V}{C+V}, \quad (9)$$

а длина волны от источника, удаляющегося от регистрирующего прибора, увеличивается на величину

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda_o = \lambda_o \frac{C}{C-V} - \lambda_o = \lambda_o \cdot \left(\frac{C}{C-V} - 1\right) = \lambda_o \frac{C-C+V}{C-V} = \lambda_o \frac{V}{C-V}. \quad (10)$$

Из формул (9) и (10) следует, что если источник света приближается к регистрирующему прибору, то на основании формулы (9) выражение для красного смещения примет вид

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} = \frac{V}{C+V}. \quad (11)$$

Когда источник света удаляется от приемника, из формулы (10) следует, что красное смещение в этом случае принимает другой вид

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} = \frac{V}{C-V}. \quad (12)$$

Обобщая сказанное, **полученную нами формулу для определения красного смещения источника и приемника света, перемещающихся друг относительно друга, следует записывать в виде**

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} = \frac{V}{C \pm V}. \quad (13)$$

В этой формуле знак плюс следует использовать, когда источник света приближается к приемнику. Знак минус следует применять, когда источник света удаляется от приемника.

Ни при каких значениях красного смещения $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} \leq 1$ или $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} \geq 1$ скорость движения источника света V не превысит значения скорости света (в пустоте).

Проведенный анализ и полученный результат напомнили, что закон Доплера был получен для звуковых волн в атмосфере воздуха. Это явление описывает связь между волновыми колебаниями, испускаемыми источником, и волновыми колебаниями, воспринимаемыми каким-либо регистрирующим прибором в воздушной среде, если источник и прибор движутся друг относительно друга. Закон Доплера с успехом применяется в земных условиях, для которых он был открыт.

На мой взгляд, не удивительно, что приспособление закона Доплера для использования в астрономии для распространения света, приходящего от далеких звезд на Землю, простой заменой скорости звука в воздухе на скорость света в пустоте, неизбежно привело к ошибке. Эта ошибка сразу проявилась, когда красное смещение в спектрах далеких звезд оказалось больше единицы $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{C} \geq 1$. В этом случае скорость источника света оказывается больше скорости света. Это нарушает второй постулат СТО Эйнштейна, что является “табу” для современных разделов науки: физики, астрономии, астрофизики.

Дело в том, что процесс распространения света в пространстве между звездами не является распространением волн в пространстве между звездами. Проводниками распространения света являются материальные частицы – фотоны. Движение фотонов должно подчиняться законам Галилея и Ньютона о сложении скоростей так же, как для всех материальных тел.

Фотоны рождаются в момент выделения подведенной энергии к атомам источника света. Выпущенный из возбужденного атома фотон света приобретает массу движения и другие свойства материальных тел (подвержен гравитации, инерции, взаимодействует с темной материей, непрерывно ее поглощая [1]). Фотон движется не в пустоте. Он движется в континууме темной материи. Во время своего длительного полета от далеких звезд к Земле, измеряемого миллиардами лет, фотон непрерывно поглощает темную материю, увеличивая свою массу, в соответствии с законом

изменения массы всех тел Вселенной, включая фотоны света, от времени [1]

$$m = m_0 \cdot e^{\frac{\alpha \cdot t}{k}} \quad (14)$$

Величина $\frac{\alpha}{k} = 2,97 \cdot 10^{-18} c^{-1}$. $\alpha/k = 2,97 \times 10^{-18} [1/c]$ равна постоянной Хаббла (константы Хаббла).

Покидая атом, фотоны света уносят с собой полученное в момент излучения количество движения $J = m_0 \cdot C$. Это количество движения остается постоянным на протяжении всего времени движения от далекой галактики до наблюдателя на Земле $J = m_0 \cdot C = m \cdot C' = const$. С ростом массы m скорость света C' уменьшается

$$C' = \frac{m_0 C}{m} = \frac{m_0 C}{m_0 e^{\frac{\alpha \cdot t}{k}}} = \frac{C}{e^{\frac{\alpha \cdot t}{k}}} \approx \frac{C}{1 + \frac{\alpha}{k} t} \quad (15)$$

Здесь $C = 3 \cdot 10^8 [м/с]$ - скорость света в момент $t = 0$.

Вспомним, что $1 \text{ млрд. лет} = 3,15 \cdot 10^{16} [с]$. Следовательно, через 1 млрд. лет согласно формуле (15) скорость фотона света будет $C' = 2,73 \cdot 10^8 [м/с]$, что совсем немного отличается от земной скорости света. Ясно, что в пределах Земли и Солнечной системы невозможно обнаружить такие незначительные изменения скорости света. Через 10 млрд. лет скорость света, пришедшего к нам от далекой звезды $C' = 1,53 \cdot 10^8 [м/с]$, то есть будет составлять только половину от начальной скорости. Через 15 млрд. лет свет, пришедший с окраин Вселенной, будет иметь скорость $C' = 1,125 \cdot 10^8 [м/с]$, что чуть больше 40% от земной скорости света. Через 20 млрд. лет свет будет иметь скорость $C' = 0,453 \cdot 10^8 [м/с]$, что почти на порядок меньше скорости, с которой свет покидает источник излучения (Рис.1).

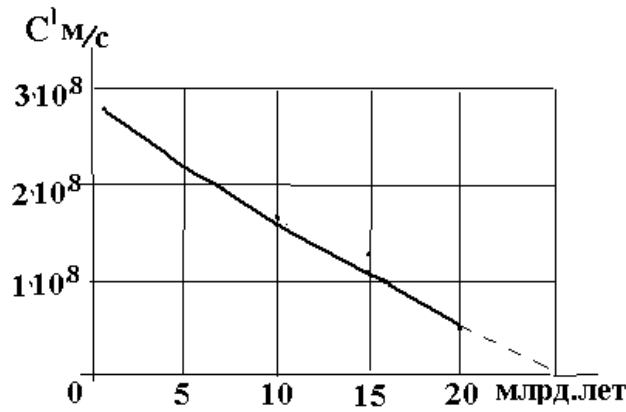


Рис.1

Возможно, что к этому времени фотоны света уже прекращают свое существование, распадаясь на атомы темной материи. Фотоны без движения не наблюдаются. Это говорит о том, что фотон рождается атомом, сообщая ему в момент рождения скорость $C=3\cdot 10^8$ м/с, и умирает, растеряв скорость в процессе движения сквозь континуум темной материи. **Объекты, находящиеся от Земли на расстояниях порядка 25 млрд.свет.лет уже невозможно увидеть с Земли, как бы не совершенствовались телескопы и другая техника для наблюдений за звездами, так как покинувшие их фотоны света уже прекратят свое существование.** К этому моменту скорость движения фотона достигает минимума, при котором существование фотона становится невозможным. В связи с этим **можно предположить, что для наблюдений за звездами с Земли доступна только видимая часть Вселенной размером порядка 25 млрд.лет.**

Продолжим следить за движением фотонов и теми последствиями, к которым приводит уменьшение скорости света в процессе движения фотонов света от звезды, испускающей свет, к Земле. Была получена формула для скорости C' фотона (15). Число волн, прошедших мимо прибора наблюдателя за одну секунду будет определяться выражением

$$v' = \frac{C'}{\lambda_o} = \frac{C}{e^{\frac{\alpha}{k} \cdot t} \cdot \lambda_o} = \frac{C}{\lambda'}. \quad (16)$$

Новая длина волны λ' по истечению времени t будет

$$\lambda' = e^{\frac{\alpha}{k} \cdot t} \cdot \lambda_o. \quad (17)$$

Длина волны в пути от источника излучения к наблюдателю на Земле увеличится на величину

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda_o = e^{\frac{\alpha}{k} \cdot t} \cdot \lambda_o - \lambda_o = \lambda_o (e^{\frac{\alpha}{k} \cdot t} - 1). \quad (18)$$

Закон, определяющий зависимость красного смещения от времени и расстояния движения света от далекой звезды к Земле через континуум темной материи, в этом случае запишется в виде

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = e^{\frac{\alpha}{k} \cdot t} - 1 = e^{H \cdot t} - 1 = e^{\frac{H}{C} \cdot L} - 1 = e^{H^* \cdot L} - 1. \quad (19)$$

Эта формула более правильно отражает реалии окружающего нас мира, чем известный закон Хаббла

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = H^* \cdot L = H \cdot t, \quad (20)$$

где $H = 3 \cdot 10^{-18} \text{ 1/с}$ - постоянная красного смещения Хаббла. $H^* = H / C = 10^{-26} \text{ м}^{-1}$.
 $L[\text{м}]$ - расстояние между галактикой и наблюдателем на Земле. $t = \frac{L}{C}$ [с] – время движения света от излучающей галактики до Земли.

На рис. 2 показано сравнение увеличений красных смещений (приращений длин световых волн, отнесенных к длинам волн), полученное в соответствии с законом Хаббла (20) и законом (19) в зависимости от расстояний до источников излучений и времени распространения света от далеких галактик до Земли.

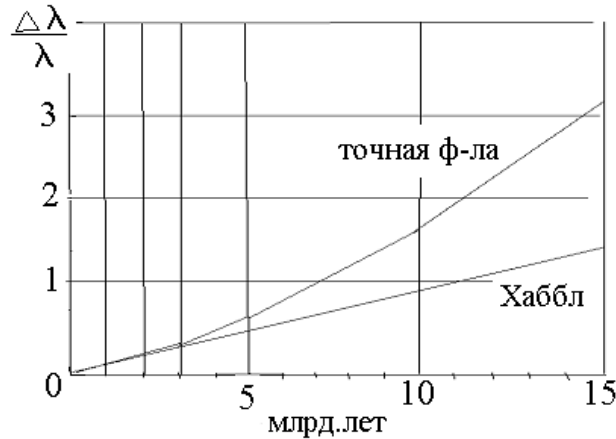


Рис. 2

Полученное нами более точное выражение для определения красных смещений в спектрах далеких звезд (19), показывает, что с течением времени, в отличие от линейного закона Хаббла, красное смещение возрастает нелинейно и более интенсивно. **Этот закон не связывает величину красного смещения с лучевой скоростью звезд по отношению к Земле.**

Если разложить выражение (19) в степенной ряд, то выражение закона Хаббла окажется только первым линейным членом этого разложения. По этой причине закон Хаббла (20) не может учесть ускоренный рост красного смещения по мере удаления объектов излучения света от Земли (далеких галактик, квазаров). Ускоренный рост красного смещения был истолкован астрофизикой как ускорение со временем расширения Вселенной. За это открытие американцам Солу Перлмуттер и Адаму Райес, а также австралийцу Брайану в 2011 году была присуждена нобелевская премия по физике. Причина ускоренного роста красного смещения не нашла своего объяснения до сих пор и поставила в тупик астрофизику (космологию).

Сегодня на основании законов Э.Хаббла $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = H^* \cdot L$ и Доплера $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{C}$ астрофизика связывает красные смещения $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ с расстояниями L от Земли до удаляющихся галактик и со скоростью удаления этих галактик от Земли

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = H^* \cdot L = \frac{V}{C}, \quad (21)$$

где $H^* = 10^{-28} \text{ см}^{-1} = 10^{-26} \text{ м}^{-1}$ является постоянной Хаббла. L - расстояние между квазаром и Землей. $C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света. V - скорость удаления звезды (квазара) от Земли. По мнению разработчиков теории Большого Взрыва, все объекты Вселенной разлетаются от некоторой точки, в которой этот взрыв произошел, с большими скоростями. Позднее эти представления трансформировали в представление о расширении пустого пространства. Это устраивало физиков и астрономов до тех пор, пока не были обнаружены квазары.

Квазары наблюдаются на небе в мощные телескопы (радиотелескопы) как компактные (точечные) слабосветящиеся объекты с очень большими красными смещениями в их спектрах, достигающими значений $Z = \Delta\lambda/\lambda = 0,16 \dots 6,4$. Это означает, что длина волны

принимаемого излучения до 6 раз больше исходной длины волны. И это не предел. Согласно закону Доплера (3) скорости удаления этих квазаров должны были бы в 5-6 раз превысить скорость света. Это противоречит ОТО А.Эйнштейна. В связи с тем, что наш анализ показал независимость красного смещения от лучевых скоростей удаления звезд от Земли, рассмотрим возможность появления больших величин красного смещения в спектрах квазаров без связи с лучевыми скоростями.

Величина красного смещения складывается из величины, определяемой законом (19) (космологическим красным смещением), и гравитационным красным смещением, определяемым законом А.Эйнштейна $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{f \cdot m_o}{r_o \cdot C^2}$. Разберем это на примерах несложных оценочных расчетов гравитационного и космологического красных смещений в спектрах квазаров.

Поскольку квазары являются видимыми космическими объектами, мы полагаем, что квазар представляет собой компактный космический объект. В качестве радиуса квазара примем величину, несколько превышающую радиус массивной черной дыры $r_o = 6 \cdot 10^{10} \text{ м}$. В качестве массы квазара примем величину немного меньше, чем масса черной дыры $m_o = 0,403 \cdot 10^{38} \text{ кг}$ (черной дыры в центре Млечного пути).

Далее выполним несложные оценочные расчеты гравитационного и космологического красных смещений. Это позволит нам понять роль каждого из этих явлений. Сначала рассчитаем величину гравитационного красного смещения $Z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ по формуле А.Эйнштейна для выбранных значений массы и радиуса звезды (квазара), находящейся на пороге видимости $m_o = 0,403 \cdot 10^{38} \text{ кг}$ и $r_o = 6 \cdot 10^{10} \text{ м}$.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{f \cdot m_o}{r_o \cdot C^2} = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,403 \cdot 10^{38}}{6 \cdot 10^{10} \cdot (3 \cdot 10^8)^2} = 0,5.$$

Плотность рассмотренного объекта будет $\rho_{\text{чд}} = 3m_{\text{чд}}/4\pi r_{\text{чд}}^3 = 4,45 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$. Это плотность белого карлика.

Далее пофантазируем. Предположим, что общее красное смещение (гравитационное и космологическое) гипотетического квазара равно $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 6$. На долю космологического красного смещения приходится величина $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 6 - 0,5 = 5,5$. Расчет по формуле Хаббла для $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 5,5$ без каких-либо дополнительных ухищрений дает нереально большое расстояние этого гипотетического квазара от Земли

$$L_{\text{habbl}} = \frac{\Delta\lambda/\lambda}{H^*} = \frac{5,5}{10^{-26}} = 5,5 \cdot 10^{26} [\text{М}] = 58,2 \text{ млрд. свет. лет.}$$

Расчет по формуле теории темной материи (19) дает более реалистичный результат,

чем по формуле Э.Хаббла (20) $L = \frac{\ln\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)}{H^*} = \frac{1,875}{10^{-26}} = 1,875 \cdot 10^{26} [\text{М}] = 19,84 \text{ млрд. свет. лет.}$

где $1 \text{ млрд. свет. лет} = 9,45 \cdot 10^{24} \text{ м}$. Здесь расстояние L , которое свет проходит за время t связаны формулой $L = C \cdot t$.

В качестве второго примера предположим, что **гравитационное** красное смещение рассмотренного гипотетического квазара $(\Delta\lambda/\lambda)_{\text{грав.}} = 3$. В этом случае космологическое красное смещение $(\Delta\lambda/\lambda)_{\text{косм.}} = 3$. Из закона (19) расстояние от Земли до квазара

$L = \frac{\ln\{\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\}}{H^*} = 14,6$ млрд.световых лет. В этом случае в соответствии с формулой

Эйнштейна $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{f \cdot m_o}{r_o \cdot C^2}$ радиус квазара $r_o = \frac{10^{39} \cdot 6,7 \cdot 10^{-11}}{(3 \cdot 10^8)^2 \cdot 3} = 0,247 \cdot 10^{12} \text{ м}.$

В качестве третьего примера предположим, что гравитационное красное смещение этого квазара $(\Delta\lambda/\lambda)_{\text{зрав.}} = 4.$ В этом случае космологическое красное смещение

$(\Delta\lambda/\lambda)_{\text{косм.}} = 2.$ Это соответствует расстоянию от земли до квазара $L = \frac{\ln\{\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\}}{H^*} = 11$

млрд.световых лет. В этом случае радиус квазара $r_o = \frac{10^{39} \cdot 6,7 \cdot 10^{-11}}{(3 \cdot 10^8)^2 \cdot 4} = 0,185 \cdot 10^{12} \text{ м}.$

Во всех рассмотренных случаях значения радиусов соответствует диапазону радиусов квазаров, определенных астрономическими наблюдениями. При этом плотность такой звезды не превысит значения $\rho_o = 3,8 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3,$ и скорость струй газообразной темной материи к центру звезды в момент пересечения ими поверхности звезды

$$V_{ro} = \frac{\alpha \cdot m_o}{4\pi\rho_e r_o^2} = \frac{1 \cdot 10^{39}}{4\pi \cdot 1,19 \cdot 10^9 \cdot (0,185 \cdot 10^{12})^2} = 1,95 \cdot 10^6 < C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

не превысит скорость света. Фотоны света, излученного звездой, преодолеют встречный поток темной материи в направлении центра звезды. Следовательно, звезда будет видна с Земли.

Эти расчеты подтверждают наше предположение о том, что квазар представляет собой массивную плотную звезду, которая, однако, не стала черной дырой. У квазаров большие гравитационные красные смещения. Надуманное и маловероятное представление о структуре квазара в виде черной дыры, окруженной аккреционным диском, становится ненужным.

Из рассмотренных примеров следует важный вывод, что для определения расстояний от Земли до звезд по красному смещению в их спектрах нужно использовать уточненный закон (19). Закон (19) не связывает величину красного смещения со скоростью перемещений звезд и галактик в пространстве. Применение закона Хаббла (20) может привести (и приводит) к большой ошибке, когда красные смещения превышают единицу (например, при определении расстояний от Земли до квазаров и, как следствие, энерговыделения квазаров).

1. С.Г. Бурого Природа темной материи и темной энергии космоса. □М.: SCIENCE. Монография. 2021. стр.264. ISBN 978-5-4365-7123-2
2. Burago S.G. The nature of dark matter and dark energy of the cosmos. Researchgate. Book, March 2022.
3. Фриш С.Э., Тиморева А.В., Курс общей физики. Т1,2,3- М.:Физматгиз,1961.
4. Яворский Б.М. Селезнев Ю.А. –М.: Физика. Изд. Физматлит, 2000.
5. Хвольсон О.Д. Курс физики. Т. 1,-М.:ГТТЦ, 1934
6. Кикин Д.Г. Самойленко П.И. Физика (с основами астрономии).–М.: Высшая школа.
7. Ritz W. Annales de Chimie et de physique 8145 (1908).
8. Агекян Т.А. Звезды, галактики, метagalactika.–М.: Наука ,1981.
9. Бронштэн В.А. Гипотезы о звездах и Вселенной– М.: Наука, 1974.

РАЗДЕЛ VI. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Быстряков А.В., Базаров Р.К.

Современные технологии искусственного интеллекта

*Липецкий государственный педагогический университет
имени П. П. Семенова-Тян-Шанского
(Россия, Липецк)*

Аннотация

Статья анализирует тенденции ИИ, превращающие его из узкого инструмента в драйвер прогресса. Рассматривается переход от теории к массовому применению. Основные векторы: доминирование трансформеров и LLM; переход к мультимодальным системам и генеративному ИИ; развитие RL, Few-Shot Learning и XAI для преодоления ограничений интерпретируемости. Развитие алгоритмов сопровождается становлением MLOps-экосистемы. ИИ вступает в фазу зрелости, что требует внимания к этическим и методологическим аспектам.

Ключевые слова: искусственный интеллект, большие языковые модели, генеративный ИИ, машинное обучение, трансформеры, MLOps, объяснимый ИИ (XAI), мультимодальность.

Abstract

The article analyzes the trends of AI, turning it from a narrow tool into a driver of progress. The transition from theory to mass application is considered. The main vectors are: the dominance of transformers and LLM; the transition to multimodal systems and generative AI; the development of RL, Few-Shot Learning and XAI to overcome the limitations of interpretability. The development of algorithms is accompanied by the formation of the MLOps ecosystem. AI is entering a phase of maturity, which requires attention to ethical and methodological aspects.

Keywords: artificial intelligence, large language models, generative AI, machine learning, transformers, MLOps, explicable AI (XAI), multimodality.

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) стремительно превращаются из нишевой области в ключевой двигатель технологического и экономического прогресса. Ведущие мировые державы, включая Российскую Федерацию, принимают национальные стратегии развития ИИ, что подчеркивает его значение для суверенитета и конкурентоспособности. На рынке наблюдается взрывной рост инвестиций в ИИ-стартапы и интеграция интеллектуальных систем во все сферы – от медицины и финансов до ритейла и развлечений. Происходит переход от теоретических разработок к массовому практическому применению. Однако, несмотря на значительные успехи, сохраняется противоречие между экспоненциальным ростом возможностей ИИ и существующими ограничениями: интерпретируемостью, этикой, доступностью вычислительных ресурсов и необходимостью больших объемов размеченных данных. Глубокое обучение (Deep Learning) остается основой большинства современных прорывов в ИИ. Оно использует искусственные нейронные сети со множеством слоев. Если изначально сверточные нейронные сети (CNN) революционизировали компьютерное зрение, а рекуррентные (RNN) – обработку естественного языка (NLP), то сегодня происходит сближение архитектурных решений. [3] Трансформеры, изначально предложенные для NLP, стали доминирующей архитектурой благодаря механизму самовнимания (self-attention). Он позволяет модели эффективно обрабатывать зависимости между элементами входной последовательности независимо от расстояния между ними. Эта

технология лежит в основе больших языковых моделей и начинает применяться в компьютерном зрении (Vision Transformers), демонстрируя универсальность и высокую эффективность. [2] Большие языковые модели – GPT-4, Gemini, Llama – представляют качественный скачок в возможностях ИИ. Обучаясь на колоссальных массивах текстовых данных, они генерируют связный текст, переводят, решают логические задачи и пишут код. Ключевая тенденция – переход от унимодальности к мультимодальности. Современные модели одновременно воспринимают и генерируют информацию в разных форматах: текст, изображение, аудио и видео. Это стирает границы между традиционными областями ИИ и открывает путь к созданию универсальных ассистентов, способных описать изображение, создать его по текстовому запросу или ответить на вопрос по видео. Если предыдущая эра ИИ фокусировалась на анализе и классификации данных (распознавание образов, прогнозирование), то сегодня на первый план выходит генеративный ИИ. Эти технологии создают новый контент: реалистичные изображения (Midjourney, Stable Diffusion), музыку, видео и дизайнерские проекты. В их основе лежат генеративные сети (GANs) и диффузионные модели. Последние показали выдающиеся результаты в генерации изображений высокого качества. Генеративный ИИ уже не просто инструмент для творчества – он используется для синтеза тренировочных данных, их расширения, проектирования материалов, что имеет огромное значение для науки и промышленности. Современные исследования в области искусственного интеллекта активно работают над решением фундаментальных проблем и ограничений традиционного глубокого обучения. Машинное обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) представляет собой парадигму обучения интеллектуальных агентов, способных принимать решения и действовать в сложной динамической среде, получая обратную связь через систему вознаграждений. Эта технология уже продемонстрировала впечатляющие успехи в самых разных областях применения, включая игры (наиболее известным примером является AlphaGo), робототехнику и системы оптимизации управления ресурсами. Особенно важной инновацией в этой области стала технология обучения с подкреплением на основе обратной связи от человека (RL from Human Feedback, RLHF), которая оказалась критически важной для процесса тонкой настройки больших языковых моделей и обеспечения согласования их поведения с человеческими ценностями, предпочтениями и этическими нормами. [5]

Параллельно развивается направление обучения с малым количеством примеров (Few-Shot Learning) и обучения с нулевым количеством примеров (Zero-Shot Learning) — это методы и подходы, которые позволяют моделям искусственного интеллекта эффективно обобщать накопленные знания и успешно выполнять новые задачи на основе крайне ограниченного количества обучающих примеров или даже исключительно на основе текстового описания задачи без предоставления конкретных примеров. Развитие и совершенствование этих технологий существенно снижает зависимость ИИ-систем от необходимости иметь большие объемы тщательно размеченных датасетов, что делает практическое применение искусственного интеллекта более доступным, экономически эффективным и практичным в реальных условиях.

Не менее важным направлением является объяснимый искусственный интеллект (Explainable AI, XAI) — исследовательская область, основной целью которой выступает разработка моделей, методов и инструментов для глубокого понимания, корректной интерпретации и доступного объяснения решений, принимаемых нейронными сетями и другими сложными алгоритмами машинного обучения. [4] Способность понимать внутреннюю логику работы и процессы принятия решений ИИ-системами является критически важной для их успешного, ответственного и этически обоснованного внедрения в такие чувствительные и

ответственные области человеческой деятельности, как медицинская диагностика и лечение, юриспруденция и правовая система, финансовые услуги и принятие инвестиционных решений, а также другие сферы, где требуется высокий уровень доверия, прозрачности и подотчетности принимаемых решений. Бурное развитие алгоритмов сопровождается становлением зрелой инструментальной экосистемы. MLOps (Machine Learning Operations) — совокупность практик для автоматизации и стандартизации жизненного цикла моделей ИИ: от сбора данных и экспериментирования до развертывания, мониторинга и управления. Платформы Kubeflow, MLflow, а также облачные сервисы AWS, Google и Microsoft позволяют командам эффективно работать над проектами, обеспечивая воспроизводимость, масштабируемость и надежность ИИ-решений. [1] Анализ показывает, что современные технологии искусственного интеллекта развиваются по нескольким взаимосвязанным направлениям. Во-первых, происходит переход от узкоспециализированных моделей к крупным универсальным и мультимодальным архитектурам (LLM), способным решать широкий спектр задач. Во-вторых, фокус смещается с аналитических на генеративные возможности, превращая ИИ из инструмента познания в инструмент созидания. В-третьих, параллельно с ростом масштаба и сложности моделей развиваются технологии, направленные на преодоление их ключевых недостатков: потребности в данных, непрозрачности («черного ящика») и сложности интеграции в производственные процессы через MLOps. Эти тренды свидетельствуют о вступлении ИИ в новую фазу зрелости, где технологии становятся доступнее, мощнее и интегрируются в повседневную деятельность человека. Однако одновременно с этим они требуют повышенного внимания к этическим и методологическим аспектам применения.

1. Вислова А. Д. Современные тенденции развития искусственного интеллекта // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 2 (94). – С. 14-30.
2. Лобанов А. В., Сидоренко Н. В., Архипов А. М. ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ТРАНСФОРМЕРЫ // Научный взгляд 2024: сборник материалов V-ой международной очно-заочной научно-практической конференции, 8 апреля, 2024–Москва: Издательство НЦ «Издание», 2024.–193с. – 2024. – С. 65.
3. Пальмов С. В., Артюшкина Е. С. ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ // Форум молодых ученых. 2020. №3 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/glubokoe-obuchenie-opredelenie-i-otlichitelnye-osobennosti>.
4. Шевская Н. В. Объяснимый искусственный интеллект и методы интерпретации результатов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2. – С. 22-23.
5. Ван Ю., Лю К., Цзинь С. Является ли RLHF более сложным, чем стандартный RL? теоретическая перспектива // Достижения в области нейронных систем обработки информации. – 2023. – Том 36. – с. 76006-76032.

Кашкаров Р.А., Базаров Р.К.

Современные тенденции развития локальных и глобальных вычислительных сетей

*Липецкий государственный педагогический университет
имени П. П. Семенова-Тян-Шанского
(Россия, Липецк)*

Аннотация

В статье анализируются ключевые направления развития локальных и глобальных вычислительных сетей в условиях цифровой трансформации. Рассматриваются такие актуальные тенденции, как внедрение технологий программно-конфигурируемых сетей, виртуализация сетевых функций, развитие беспроводных технологий нового поколения и интеграция облачных решений. Особое внимание уделяется вопросам кибербезопасности и управления трафиком в современных сетевых инфраструктурах.

Ключевые слова: локальные вычислительные сети (ЛВС), Глобальные вычислительные сети (ГВС), Программно-конфигурируемые сети (SDN), Виртуализация сетевых функций (NFV).

Abstract

This article analyzes key development trends in local and wide area networks in the context of digital transformation. Current trends such as the implementation of software-defined networking technologies, network function virtualization, the development of next-generation wireless technologies, and the integration of cloud solutions are discussed. Particular attention is paid to cybersecurity and traffic management in modern network infrastructures.

Keywords: local Area Networks (LANs), Wide Area Networks (WANs), Software-Defined Networks (SDN), Network Functions Virtualization (NFV).

В современном мире компьютерные технологии стали неотъемлемым элементом практически всех сфер человеческой деятельности. Они не только определяют организацию рабочего процесса в офисах и компаниях, но и являются ключевым инструментом для проведения досуга пользователей. Функциональность этих устройств обеспечивается за счет их интеграции в единые системы [5, с. 23].

Поиск эффективного способа соединения компьютеров между собой являлся одной из первостепенных задач для их создателей, поскольку от этого зависела реализация базовых целей разработчиков. Решением данной проблемы спустя несколько десятилетий стало создание локальных и глобальных вычислительных сетей. Понимание их архитектуры, принципов функционирования и назначения составляет существенную часть компетенций не только специалистов в области информационных технологий, но и широкого круга пользователей.

Зарождение «всемирной паутины» ознаменовало собой начало стремительного роста новой индустрии — IT-сферы — и инициировало процесс глубинной трансформации различных аспектов общественной жизни [1].

Теоретические основы современных сетей были заложены в научных работах середины XX века. Так, в 1962 году американский ученый Джозеф Ликлайдер выдвинул идею создания глобальной информационной сети, изложенную в его заметках о концепции «галактической сети» («Galactic Network»). Несколько ранее, в 1961 году, Леонард Клейнрок в своей публикации предоставил теоретическое обоснование принципа пакетной коммутации для передачи данных, что стало фундаментальным вкладом в развитие сетевых технологий [2].

Практическая реализация принципов построения глобальных сетей была осуществлена Агентством передовых исследовательских проектов (ARPA) Министерства обороны США. В 1969 году данная организация инициировала развертывание сети ARPANET, в основе которой лежала технология пакетной коммутации, что ознаменовало собой создание прототипа современного Интернета [2].

Наиболее масштабной и распространенной глобальной сетью является Интернет. Однако, помимо него, существуют и другие глобальные сети, такие как FidoNet, Eunet, Gpen. Ключевой функцией глобальных сетей является обеспечение взаимодействия между компьютерами, расположенными на значительном географическом расстоянии (свыше 1000 км), что позволяет объединять информационные ресурсы в масштабах регионов, стран и всего мира.

В отличие от глобальных, локальные вычислительные сети (ЛВС) предназначены для объединения устройств в пределах ограниченной территории, такого как здание или комплекс близлежащих зданий. Основная задача ЛВС заключается в организации эффективного взаимодействия абонентов для совместного использования ресурсов и повышения производительности труда. Экономическая эффективность локальных сетей достигается за счет применения стандартизированных топологий (например, звезда, кольцо, шина) и использования высокоскоростных кабельных систем передачи данных [1].

На современном этапе наблюдается устойчивая тенденция стирания границ между локальными и глобальными сетями, обусловленная развитием высокоскоростных каналов связи, обеспечивающих качество передачи данных, сопоставимое с показателями кабельных систем ЛВС. Глобальные сети, в частности Интернет, демонстрируют создание служб доступа к ресурсам, по уровню удобства и прозрачности не уступающих сервисам локальных сетей.

Параллельно трансформируется архитектура локальных сетей, где пассивные кабельные системы уступают место сложным коммуникационным инфраструктурам, включающим коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы. Это позволило создавать масштабные корпоративные сети с тысячами узлов и сложной иерархической структурой. Примечателен возросший интерес к мэйнфреймам, которые интегрируются в корпоративные системы как полноценные сетевые узлы с поддержкой стандартов Ethernet и стека протоколов TCP/IP.

Значимым направлением развития стало внедрение поддержки мультимедийного трафика, включающего передачу голоса, видео и графических данных. Особенность такого контента заключается в строгих требованиях к временным задержкам, что обусловило необходимость модификации протоколов, сетевых ОС и коммуникационного оборудования. Традиционные сетевые службы, генерирующие нечувствительный к задержкам трафик, не могли обеспечить адекватную передачу данных реального времени.

Для решения этих задач применяются специализированные технологии, включая ATM, ориентированную на передачу разнородного трафика. Однако проблема гарантированного качества обслуживания мультимедийного контента остается актуальной, требуя дальнейших исследований и разработок.

Перспективным направлением считается конвергенция сетевых технологий на основе пакетной коммутации, которая может стать основой для интеграции различных типов информационных сетей - вычислительных, телефонных и телевизионных. Экспертные оценки сроков такой интеграции варьируются от 10 до 25 лет, что подчеркивает значительный потенциал развития технологий пакетной коммутации в контексте создания универсальных сетевых инфраструктур [3, с. 79].

Проведенный анализ позволяет констатировать, что эволюция вычислительных сетей прошла сложный путь от теоретических разработок середины XX века до создания глобальной

инфраструктуры, ставшей неотъемлемым элементом современного общества. Теоретические основы пакетной коммутации, заложенные в работах Ликлайдера и Клейнрока, нашли практическое воплощение в проекте ARPANET, который стал прототипом современного Интернета.

На современном этапе наблюдается качественная трансформация сетевых технологий, характеризующаяся прогрессирующей конвергенцией локальных и глобальных сетей, стирающей традиционные границы между ними, усложнением архитектуры корпоративных сетей с интеграцией мэйнфреймов как полноправных сетевых узлов, переходом от пассивных кабельных систем к интеллектуальным коммуникационным инфраструктурам и развитием технологий передачи мультимедийного трафика с гарантированным качеством обслуживания [4, с. 65].

Особую значимость приобретает перспектива создания универсальных сетевых инфраструктур на основе технологии пакетной коммутации, способных интегрировать разнородные типы информационных сетей. Несмотря на существующие технические вызовы, связанные с обеспечением качества передачи данных реального времени, экспертное сообщество оценивает потенциальные сроки такой интеграции в пределах 10-25 лет.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что современные вычислительные сети продолжают динамично развиваться, сохраняя преемственность с фундаментальными принципами, заложенными на ранних этапах их создания, одновременно открывая новые перспективы для создания комплексных информационно-коммуникационных сред.

1. Локальные и глобальные компьютерные сети [Электронный ресурс] // Связь 2021. – 2021. – URL: <https://www.sviaz-expo.ru/ru/articles/lokalnye-i-globalnye-kompyuternyeseti/> (дата обращения: 19.10.2025).
2. История Интернета [Электронный ресурс] // РИА Новости. – 2019. – URL: <https://ria.ru/20190902/1558095640.html> (дата обращения: 19.10.2025).
3. Петров, К. В. Развитие технологий Wi-Fi 6/6E и их внедрение в корпоративные сети / К. В. Петров // Информационные технологии. – 2022. – Т. 28, № 4. – С. 78-85.
4. Современные аспекты кибербезопасности в условиях конвергенции сетей / под ред. С. И. Васильева. – М.: Инфра-Инженерия, 2023. – 234 с.
5. Современные аспекты передачи мультимедийного трафика в компьютерных сетях / под ред. М. С. Томасула. – IEEE Press, 2022. – 324 с.

Новиков Д.Ю., Базаров Р.К.

Современные технологии контейнеризации при разработке приложений

*Липецкий государственный педагогический университет
имени П. П. Семенова-Тян-Шанского
(Россия, Липецк)*

Аннотация

В работе рассмотрены современные подходы и инструменты контейнеризации, а также роль в процессе разработки и эксплуатации программных приложений. Проанализированы преимущества контейнерных решений по сравнению с традиционными виртуальными машинами, а также особенности популярных сред выполнения и систем оркестрации — Docker, Podman, containerd, CRI-O и Kubernetes. Особое внимание уделено вопросам безопасности, оптимизации контейнерных образов и наблюдаемости на основе технологий eBPF, а также средствам трассировки и логирования. На основании проведённого анализа представлены практические рекомендации по внедрению контейнеризации и организации CI/CD-процессов в среде современных DevOps-практик.

Ключевые слова: контейнеризация, Docker, Kubernetes, Podman, containerd, eBPF, CI/CD, безопасность.

Abstract

The paper examines modern approaches and tools for containerization and their role in application development and operation. The advantages of container-based solutions over traditional virtual machines are analyzed, along with the features of popular runtimes and orchestration systems — Docker, Podman, containerd, CRI-O, and Kubernetes. Special attention is paid to security issues, image optimization, and observability using eBPF technologies, tracing, and centralized logging. Based on the analysis, practical recommendations are provided for implementing containerization and organizing CI/CD processes within contemporary DevOps practices.

Keywords: containerization, Docker, Kubernetes, Podman, containerd, eBPF, CI/CD, security.

Контейнеризация стала одной из основных практик современной разработки благодаря способности обеспечивать переносимость приложений, согласованность сред и ускорение поставки программного обеспечения [1]. Контейнер представляет собой способ упаковки приложения вместе со всеми зависимостями в единый образ, который может быть запущен в любом окружении, поддерживающем контейнерный runtime (программа/служба, запускающая и управляющая контейнером и его ресурсами) [1]. Рост популярности контейнеров связан с эффективным использованием ресурсов и простотой интеграции в DevOps-процессы. Вместе с тем внедрение контейнеризации предъявляет новые требования к обеспечению безопасности образов, управлению их жизненным циклом и организации наблюдаемости [6,7].

Цель работы — проанализировать современные технологии контейнеризации и выработать практические рекомендации по их применению для повышения портативности, безопасности и управляемости приложений. Для достижения этой цели необходимо раскрыть основные понятия контейнеризации, рассмотреть архитектуру и назначение наиболее распространённых инструментов — Docker, Podman, containerd и CRI-O, оценить роль Kubernetes как системы оркестрации контейнерных приложений. Также важно проанализировать вопросы безопасности и оптимизации образов, изучить подходы к организации наблюдаемости с применением технологий eBPF, централизованного логирования

и трассировки, а на основе анализа предложить рекомендации по построению CI/CD-процессов и сканированию образов на уязвимости.

Docker стал драйвером массового распространения контейнеризации. Его документация подробно описывает принципы построения образов и контейнеров, практики написания Dockerfile и методы оптимизации сборки [1]. Среди ключевых преимуществ — простота разработки, богатая экосистема и совместимость с большинством систем непрерывной интеграции и доставки.

Современный стек контейнеризации включает несколько сред выполнения. Podman реализует бездемонную модель управления контейнерами, повышающую безопасность и удобство эксплуатации. Containerd представляет собой лёгкий runtime, используемый в качестве низкоуровневого компонента многих систем, а CRI-O — среду выполнения, изначально спроектированную для работы с Kubernetes через интерфейс CRI [3–5]. Выбор конкретного инструмента зависит от требований к безопасности, совместимости и операционной модели.

Kubernetes обеспечивает автоматическое масштабирование, балансировку нагрузки и управление жизненным циклом контейнерных приложений. Он стал де-факто стандартом для оркестрации и требует понимания базовых сущностей — Deployment, StatefulSet, Service и сетевых политик [2].

Безопасность контейнерных решений включает регулярное сканирование образов на уязвимости, контроль целостности и соблюдение принципа наименьших привилегий при запуске. Оптимизация образов достигается использованием минимальных базовых слоёв и многоступенчатой сборки, что снижает поверхность атаки и ускоряет развертывание [6]. Дополнительные меры защиты включают подпись образов, ограничение привилегий и профилирование доступа, внедрение инструментов управления секретами и политик сетевой изоляции.

Эффективный мониторинг контейнерной инфраструктуры требует централизованного логирования, сбора метрик и распределённой трассировки. Технологии eBPF становятся важным инструментом наблюдаемости и анализа производительности: они позволяют безопасно выполнять код в пространстве ядра, собирая детализированные данные о работе сетевых и системных компонентов [8,10]. Современные решения на основе eBPF активно применяются для повышения безопасности и диагностики микросервисов в продакшене [9,10].

Для успешного внедрения контейнеризации необходимо стандартизировать использование Dockerfile и практики сборки образов, применяя многоступенчатую сборку, минимальные базовые образы и кэширование артефактов. Следует внедрить CI/CD-конвейеры с автоматическим тестированием и сканированием образов до их публикации в реестр. При выборе контейнерного runtime важно учитывать требования безопасности и совместимости с оркестратором, отдавая предпочтение решениям Podman, containerd или CRI-O при работе с Kubernetes. Для обеспечения наблюдаемости рекомендуется организовать централизованное логирование, сбор метрик и распределённую трассировку, а также использовать eBPF для сетевой телеметрии и анализа. Кроме того, необходимо внедрить политику управления секретами и систему контроля доступа на уровне кластера, что повысит общий уровень безопасности и надёжности инфраструктуры.

Контейнеризация значительно упрощает переносимость и развёртывание приложений и остаётся одним из ключевых направлений развития современной DevOps-культуры. Эффективное применение технологий контейнеризации требует комплексного подхода, включающего выбор оптимальных инструментов, автоматизацию CI/CD-процессов, внедрение систем наблюдаемости и обеспечение безопасности. Новые технологии, такие как eBPF и

WebAssembly, открывают перспективы для дальнейшего совершенствования экосистемы контейнеризации, обеспечивая лёгкость, масштабируемость и высокий уровень контроля приложений.

1. Docker — официальная документация [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.docker.com/> (дата обращения: 18.10.2025).
2. Kubernetes — официальный сайт. Документация (русская версия) [Электронный ресурс]. URL: <https://kubernetes.io/ru/docs/home/> (дата обращения: 18.10.2025).
3. Podman — официальная документация [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.podman.io/> (дата обращения: 18.10.2025).
4. containerd — официальная документация [Электронный ресурс]. URL: <https://containerd.io/docs/> (дата обращения: 18.10.2025).
5. CRI O — проект и репозиторий (официальный сайт) [Электронный ресурс]. URL: <https://cri-o.io/> (дата обращения: 18.10.2025).
6. Основы контейнеризации (обзор Docker и Podman) — Хабр [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/659049/> (дата обращения: 18.10.2025).
7. Что такое контейнеризация и зачем она нужна — Cloud.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://cloud.ru/blog/chto-takoye-konteyneri-zatsiya> (дата обращения: 18.10.2025).
8. Cilium — eBPF: the future of networking? [Электронный ресурс]. URL: <https://cilium.io/blog/2020/11/10/ebpf-future-of-networking/> (дата обращения: 18.10.2025).
9. Eunomia — eBPF ecosystem progress in 2024–2025: a technical deep dive [Электронный ресурс]. URL: <https://eunomia.dev/blog/2025/02/12/ebpf-ecosystem-progress-in-20242025-a-technical-deep-dive/> (дата обращения: 18.10.2025).
10. WebAssembly on Kubernetes — from containers to Wasm / CNCF Blog [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cncf.io/blog/2024/03/12/webassembly-on-kubernetes-from-containers-to-wasm-part-01/> (дата обращения: 18.10.2025).

Шперов И.А., Кураева Е.А.

Графовые базы данных: Как устроены технологии, которые знают, кто ваши друзья

*Пензенский Государственный Технологический Университет
(Россия, Пенза)*

Аннотация

Рассматриваются принципы работы графовых баз данных на примере социальных сетей. Объясняется, как такие базы моделируют отношения между пользователями, постами и сообществами, а также почему графовые модели данных позволяют эффективно находить взаимосвязи и формировать рекомендации. Показаны примеры использования языка запросов Cypher, а также преимущества и ограничения графового подхода по сравнению с традиционными реляционными системами.

Ключевые слова: графовые базы данных, узел, связь, Neo4j, социальные сети, рекомендации, друзья друзей, Cypher.

Abstract

The article examines the principles of graph databases using social networks as an example. It explains how such databases model relationships between users, posts, and communities, and why graph data models enable efficient discovery of connections and generation of recommendations. Examples of the Cypher query language are presented, along with the advantages and limitations of the graph-based approach compared to traditional relational systems.

Keywords: graph databases, node, relationship, Neo4j, social networks, recommendations, friends of friends, Cypher.

Традиционные реляционные базы данных, такие как PostgreSQL или MySQL, хранят информацию в таблицах, где каждая строка - это запись, а столбцы - атрибуты. Такой подход прекрасно работает для структурированных данных, например, для учёта заказов, складских остатков или финансовых операций. Однако, когда речь идёт о сложных взаимосвязях между людьми - друзьями, подписках, лайках - таблицы становятся громоздкими. Чтобы получить цепочку из нескольких связей, SQL-запрос должен многократно объединять таблицу друзей саму с собой с помощью JOIN. Каждое дополнительное объединение увеличивает нагрузку на сервер и время выполнения запроса. Если в системе миллионы пользователей и десятки миллионов связей, то поиск «друзей друзей» может занимать секунды, а иногда и минуты.

Графовая база данных хранит информацию иначе. Здесь данные представляются в виде узлов (nodes) и связей (relationships). Узел - это сущность, например человек, пост или группа. Связь описывает, как узлы взаимодействуют: дружит, лайкнул, состоит в группе, комментирует. Каждый элемент может иметь свои свойства, например имя, возраст, дату публикации или тип взаимодействия. Главное отличие - связи являются «первоклассными гражданами»: они не вычисляются через JOIN, а хранятся явно, что делает навигацию по сети мгновенной.

Граф можно представить как карту. Если таблица - это список, то граф - это карта дорог, где узлы - города, а связи - дороги между ними. Чтобы попасть из одного города в другой, не нужно каждый раз искать все возможные маршруты - они уже записаны. Так же и в графовой базе: если нужно узнать, через кого Вася знаком с Петей, система просто проходит по связям между узлами.

Рассмотрим простую социальную сеть. У нас есть пользователь Вася. В графовой базе это узел (Вася). У него есть связи [ДРУЖИТ] с другими узлами - друзьями.

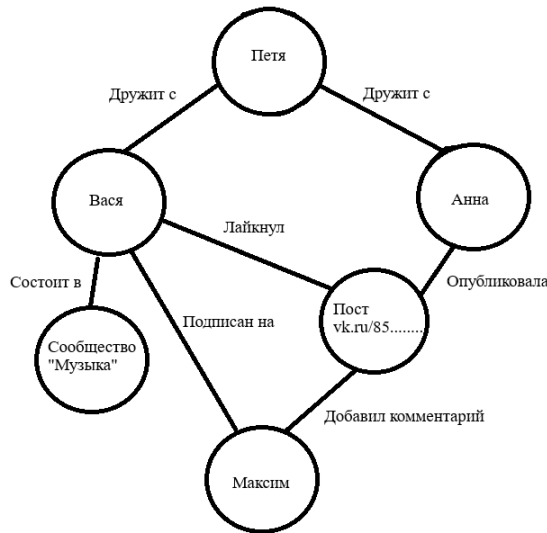


Рис. 1. Пример структуры графовой базы данных в социальной сети

На рисунке показан фрагмент социальной графовой базы, где узлы обозначают пользователей и объекты контента (посты, комментарии, сообщества), а рёбра — типы взаимодействий: дружба, подписка, лайк, комментарий. Центральный узел «Вася» связан с пользователями «Петя», «Анна» и «Максим» через разные типы связей, что демонстрирует многослойную структуру социальных отношений.

Чтобы найти друзей друзей, графовая база просто проходит по двум шагам по связям:
Найди (Вася) → [ДРУЖИТ] → (Друг) → [ДРУЖИТ] → (Незнакомец)

Такой запрос читается почти как естественное предложение и в языке Cypher записывается так:

```
MATCH (a:Person {name:'Вася'})-[:ДРУЖИТ]->(b)-[:ДРУЖИТ]->(c)
RETURN c.name;
```

Этот запрос мгновенно вернёт всех пользователей, которые являются «друзьями друзей» Васи. Если использовать SQL, аналогичный результат потребовал бы трёх JOIN и фильтрации по уникальным значениям, что сильно увеличивает сложность и время выполнения.

“Одноклассники”, “Мах” и «ВКонтакте» активно используют графовые модели для рекомендаций и анализа связей. Мах применяет графовые структуры для анализа каналов и чатов, выявления общих подписчиков и тематических пересечений. Одноклассники применяет графовые базы для рекомендаций вакансий и контактов, анализируя пути между пользователями через коллег, университеты и компании. Во «ВКонтакте» графовая структура используется для формирования новостной ленты и подбора друзей - система анализирует общие связи, лайки и участие в группах.

Такой подход позволяет компаниям строить более точные алгоритмы рекомендаций, поскольку граф напрямую отражает структуру взаимодействий. Например, если два пользователя часто лайкают одни и те же посты и состоят в одинаковых сообществах, графовая база автоматически покажет между ними множество связей, даже если они напрямую не знакомы. На основе этих связей алгоритмы могут рекомендовать их друг другу в качестве потенциальных друзей или участников дискуссий.

Главное преимущество графовых баз данных - способность мгновенно анализировать связи между объектами. SQL рассчитан на выборку данных, но не на исследование отношений между ними. Графовые базы позволяют буквально «ходить» по данным, как человек путешествует по карте. Именно поэтому они идеально подходят для социальных сетей,

рекомендательных систем, антивирусных анализаторов и даже для расследования финансовых схем.

Кроме того, графовые запросы выражаются интуитивно. В языке Cypher можно задать сложный запрос всего одной строкой, а графовая база выполнит его оптимально, поскольку структура данных уже отражает связи. Для разработчиков и аналитиков это означает меньшую сложность кода и лучшую читаемость логики. Более того, графовые системы масштабируются горизонтально: данные можно разделить по серверам, не теряя связей между узлами.

Несмотря на очевидные преимущества, графовые базы имеют и свои ограничения. Во-первых, они хуже подходят для транзакционных операций, где важно жёсткое соблюдение ACID-свойств. Во-вторых, их производительность может снижаться при попытке хранить миллиарды узлов без продуманной архитектуры - в этом случае требуется распределённое хранение и репликация. Кроме того, интеграция графовых систем с существующими SQL-инструментами часто вызывает сложности: аналитические платформы и BI-системы не всегда умеют работать с Cypher или Gremlin.

Однако современное развитие технологий постепенно решает эти проблемы. Neo4j, ArangoDB, Amazon Neptune и другие системы внедряют гибридные решения, позволяющие выполнять SQL-запросы поверх графовой структуры или экспортировать данные в аналитические форматы. Таким образом, графовые базы всё активнее становятся частью смешанных архитектур, где они отвечают за связи, а SQL - за агрегаты и отчёты.

Графовые базы данных - это не просто модное направление, а естественный способ моделирования взаимосвязей. Они позволяют видеть структуру человеческих отношений, находить скрытые связи и формировать персональные рекомендации. Социальные сети, банковские системы, рекомендательные платформы и даже службы безопасности используют графовые модели для выявления закономерностей и прогнозирования поведения пользователей. Будущее за системами, которые умеют понимать контекст связей, а графовые базы данных становятся ключевым инструментом в этой эволюции.

1. Карпов В. В. Графовые базы данных: основы и применение. — СПб: Питер, 2023.
2. Иванов П. С. Хранение и анализ социальных графов в отечественных системах. — М.: БХВ-Петербург, 2024.
3. Брагин А. С. PostgreSQL и графовые расширения: pgRouting и AGE. — СПб: Диалектика, 2023.
4. Панченко И. П. Современные СУБД для социальных сетей: теория и практика. — М.: ДМК Пресс, 2022.
5. Официальная документация Neo4j (русская версия). — Режим доступа: <https://neo4j.com/ru/docs/>
6. Статья на Хабр: «Как графовые базы данных используются во “ВКонтакте” и “Одноклассниках”». — 2024.
7. Чжу Л. Гибридные хранилища данных и графовые модели. — МГТУ-Пресс, 2023.

Шперов И.А., Мартышкин А.И.
Проблема развития нейросетей в социальной сфере

*Пензенский Государственный Технологический Университет
(Россия, Пенза)*

Аннотация

Современное общество переживает стремительную цифровую трансформацию, ключевым двигателем которой стали нейросетевые технологии. Они проникают во все сферы жизни - от медицины и образования до журналистики и искусства. Однако именно в социальной сфере влияние нейросетей наиболее противоречиво: они способны как улучшать коммуникацию, так и разрушать доверие между людьми. Статья посвящена анализу последствий развития нейросетей в контексте социальных отношений, вопросам достоверности цифровой информации, а также проблемам регулирования и этики. Рассматриваются примеры использования нейросетей для создания поддельного контента (deepfake), алгоритмической дезинформации и цифровой манипуляции. Обсуждаются пути минимизации негативных эффектов, включая внедрение систем верификации данных, разработку нормативных актов и повышение уровня цифровой культуры населения.

Ключевые слова: нейросети, искусственный интеллект, deepfake, дезинформация, цифровая грамотность, социальные медиа, регулирование, доверие, этика.

Abstract

The rapid expansion of neural networks has reshaped social communication, information dissemination, and human interaction. These technologies enable automation, personalization, and creative innovation, yet they also present significant risks: misinformation, synthetic media, and loss of trust in digital environments. This article examines the dual nature of neural networks in the social sphere, focusing on deepfake technologies, algorithmic bias, and information manipulation. The discussion highlights strategies for ensuring responsible AI use through regulation, transparency mechanisms, and digital literacy education. The goal is to find a balance between innovation and ethical responsibility to maintain social stability in the era of artificial intelligence.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, deepfake, misinformation, digital literacy, social media, regulation, ethics.

Нейросети стали неотъемлемой частью цифрового общества. Ежедневно миллионы пользователей взаимодействуют с алгоритмами машинного обучения - от рекомендательных систем в социальных сетях до голосовых ассистентов и генераторов изображений. Если раньше технологии были инструментом человека, то теперь они становятся участниками социальной коммуникации.

Особенно заметно это проявляется в медиасреде: нейросети способны создавать тексты, видео и аудио, неотличимые от человеческих. Это меняет саму природу общественного восприятия информации - теперь не каждое изображение, реплика или статья имеет очевидное авторство. Проблема доверия к цифровым данным выходит на первый план, превращаясь в одно из ключевых вызовов XXI века.

Главная опасность, связанная с развитием нейросетей, заключается в распространении недостоверного контента. Технологии deepfake позволяют создавать реалистичные изображения и видео, где люди совершают действия, которых не было в реальности. Подобные материалы применяются в политических манипуляциях, дискредитации общественных деятелей, шантаже и даже в киберпреступлениях.

Согласно исследованиям Европейского центра по цифровой безопасности, более 40% пользователей не способны отличить сгенерированное видео от настоящего. Это формирует феномен “кризиса достоверности” - когда человек перестаёт верить не только ложным, но и подлинным источникам.

Нейросети влияют и на поведение людей в социальных медиа. Алгоритмы персонализации создают информационные пузыри, где пользователь видит только контент, соответствующий его взглядам. Это усиливает поляризацию общества и снижает уровень критического мышления.

Отдельная проблема - алгоритмические предвзятости. Поскольку нейросети обучаются на реальных данных, содержащих человеческие ошибки и стереотипы, они нередко воспроизводят дискриминационные паттерны. Например, системы найма на основе ИИ могут неосознанно отдавать предпочтение кандидатам определённого пола или этнической группы. Таким образом, технологическая нейтральность оказывается иллюзией.

Решение проблемы требует многоуровневого подхода. Во-первых, необходимы технические средства проверки подлинности контента. Уже существуют инициативы, направленные на внедрение цифровых водяных знаков и метаданных происхождения. Примером служит стандарт C2PA (Coalition for Content Provenance and Authenticity), позволяющий отслеживать, был ли медиаматериал создан человеком или машиной.

Во-вторых, следует развивать законодательное регулирование искусственного интеллекта. Европейский AI Act вводит понятие «высокорисковых систем ИИ», для которых устанавливаются строгие требования к прозрачности и ответственности. В России обсуждаются похожие инициативы, включая обязательное обозначение синтетического контента и регистрацию разработчиков генеративных систем.

В-третьих, важнейшим направлением является повышение цифровой грамотности. Даже самые совершенные инструменты защиты не будут эффективны, если пользователи не умеют критически воспринимать информацию. Образовательные программы должны включать основы распознавания дезинформации, понимание принципов работы нейросетей и этику взаимодействия с ИИ.

Развитие нейросетей поднимает сложные этические вопросы. Кто несёт ответственность за действия искусственного интеллекта? Можно ли считать произведение, созданное нейросетью, интеллектуальной собственностью человека? Эти темы активно обсуждаются как в научных кругах, так и на уровне правительств.

Кроме того, возникает проблема «человеческого фактора» в эпоху машинного творчества. Когда нейросеть может писать тексты, сочинять музыку и генерировать визуальные произведения, меняется само представление о креативности. Встаёт вопрос: что остаётся уникальным в человеческом вкладе? Многие исследователи считают, что будущее принадлежит совместному творчеству человека и ИИ, где алгоритм - не замена, а партнёр.

В социальной сфере важно не допустить технологической дискриминации. Уже сейчас ИИ используется при оценке кредитоспособности, в судебных решениях и системах безопасности. Без прозрачности алгоритмов существует риск несправедливых решений, способных влиять на судьбы людей. Поэтому требуется внедрение принципов “этичного ИИ”: объяснимости, ответственности и недопущения дискриминации.

Несмотря на риски, нейросети обладают значительным потенциалом для социального прогресса. Они помогают людям с ограниченными возможностями - распознают речь, описывают изображения, переводят текст. В сфере образования ИИ способен адаптировать учебный материал под способности ученика, а в медицине - выявлять заболевания на ранних стадиях.

Также ИИ способствует развитию цифровой инклюзии - делает знания и культуру доступными для большего числа людей. Генеративные системы могут переводить лекции, создавать субтитры и объяснять сложные понятия простыми словами. Таким образом, нейросети не только угрожают достоверности, но и укрепляют равенство возможностей.

Проблема развития нейросетей в социальной сфере заключается не столько в самих технологиях, сколько в том, как человек ими распоряжается. Искусственный интеллект отражает уровень зрелости общества, его способность устанавливать границы допустимого и принимать этические решения.

Борьба с негативными последствиями нейросетей должна вестись на трёх уровнях: техническом (маркировка и проверка контента), правовом (создание прозрачных регламентов) и образовательном (формирование критического мышления). Только сочетание этих подходов позволит сохранить доверие, обеспечить безопасность и использовать ИИ как инструмент созидания, а не разрушения.

1. Панченко И. П. Искусственный интеллект и общество: риски и перспективы. – М.: ДМК Пресс, 2023.
2. Козлов А. В. Deepfake как социальное явление. // Информационное общество. – 2024. – №2. – С. 45–53.
3. Савельев А. И. Правовое регулирование искусственного интеллекта в России. // Государство и право. – 2024. – №5. – С. 112–126.
4. Иванов П. С. Цифровая грамотность и безопасность в эпоху искусственного интеллекта. – СПб.: Питер, 2023.
5. Смирнов А. П. Этика и технологии: человек в цифровом обществе. – М.: МГТУ-Пресс, 2024.
6. Фролова Е. А. Нейросети и медиaprостранство: проблемы доверия и регулирования. // Социальные коммуникации. – 2023. – №4. – С. 77–89.
7. Брагин А. С. Технологии ИИ в социальной политике: риски и возможности. // Общественные науки и современность. – 2024. – №1. – С. 33–41.

РАЗДЕЛ VII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гулевич А.И.

Природоохранные мероприятия и технологии на морских нефтетерминалах

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

Научный руководитель: Самко Н.А.

Аннотация

Морские нефтяные терминалы представляют собой критически важные объекты инфраструктуры, обеспечивающие транспортировку и хранение углеводородов, но при этом несут значительные риски для окружающей среды, включая разлив нефти, эмиссии летучих органических соединений и загрязнение водных экосистем. Современные природоохранные мероприятия и технологии направлены на минимизацию экологического воздействия таких терминалов. Меры по предотвращению аварий включают проектирование систем с двойными стенками резервуаров, автоматические датчики утечек и барьеры для локализации разливов. Инновационные технологии очистки охватывают механические скиммеры, биоремедиацию с использованием микроорганизмов и автономные системы сбора нефти на воде, такие как SurfCleaner SCO 8000 и SCO 1000, которые позволяют эффективно удалять плавающие загрязнители в портах и гаванях, восстанавливая до 8000 литров нефти в час с содержанием воды менее 0.5%. Регуляторные аспекты предусматривают соблюдение стандартов Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов Приложение VI для контроля эмиссий летучих органических соединений через одобренные системы сбора паров на терминалах, включая термическое окисление, адсорбцию и конденсацию, а также мониторинг качества воды и отходов, внедряемый в 82% портов для защиты морской биоты. На основе международных рекомендаций и национальных норм интеграция цифровых технологий, таких как сенсоры Интернета вещей и искусственного интеллекта для мониторинга в реальном времени, способствует повышению устойчивости операций. Внедрение этих мер снижает риски инцидентов и способствует глобальным усилиям по сохранению морских экосистем, с учетом адаптации к изменению климата.

Ключевые слова: морские нефтяные терминалы, природоохранные мероприятия, технологии очистки, разлив нефти, эмиссии летучих соединений, биоремедиация, цифровые технологии, устойчивость операций.

Abstract

Offshore oil terminals are critical infrastructure facilities that facilitate the transportation and storage of hydrocarbons, but they also pose significant environmental risks, including oil spills, volatile organic compound emissions, and pollution of aquatic ecosystems. Modern environmental protection measures and technologies are aimed at minimizing the environmental impact of such terminals. Accident prevention measures include the design of double-walled tank systems, automatic leak detectors, and spill containment barriers. Innovative cleaning technologies include mechanical skimmers, microbial bioremediation, and autonomous offshore oil recovery systems such as the SurfCleaner SCO 8000 and SCO 1000, which effectively remove floating contaminants in ports and harbors, recovering up to 8,000 liters of oil per hour with a water content of less than 0.5%. Regulatory aspects include compliance with Annex VI of the International Convention for the Prevention of

Pollution from Ships (ICPPS) for monitoring volatile organic compound emissions through approved vapor collection systems at terminals, including thermal oxidation, adsorption, and condensation. Water quality and waste monitoring is being implemented in 82% of ports to protect marine biota. Based on international recommendations and national standards, the integration of digital technologies, such as IoT sensors and artificial intelligence for real-time monitoring, contributes to increased operational resilience. Implementation of these measures reduces the risk of incidents and contributes to global efforts to preserve marine ecosystems, considering adaptation to climate change.

Keywords: offshore oil terminals, environmental management, cleanup technologies, oil spills, volatile emissions, bioremediation, digital technologies, operational sustainability.

Морские нефтяные терминалы, как ключевые элементы глобальной цепочки поставок углеводородов, требуют строгого соблюдения мер по предотвращению экологических инцидентов, поскольку даже незначительные утечки могут привести к значительному ущербу для морских экосистем. Среди основных мер по предотвращению аварий выделяются инженерные решения, направленные на минимизацию рисков разливов нефти и утечек. В частности, проектирование резервуаров с двойными стенками или внутренними облицовками обеспечивает дополнительный барьер против коррозии и механических повреждений, что особенно актуально для наземных хранилищ, подверженных воздействию внешних факторов, таких как столкновения или вандализм. [1]

Автоматические датчики утечек, интегрированные в системы трубопроводов и резервуаров, позволяют оперативно выявлять нарушения целостности, активируя аварийные клапаны и сигнализацию для предотвращения распространения загрязнителей. Кроме того, использование вторичных барьеров, таких как земляные валы, дамбы, бетонные стены и траншеи, создает зоны удержания для случайных разливов, особенно в зонах погрузки-разгрузки, где риск максимален из-за операций с танкерами. В зонах железнодорожных и автомобильных погрузок применяются специальные системы с дренажными сумпами, подключенными к сепараторам нефти и воды, что обеспечивает сбор и обработку стоков, минимизируя попадание загрязнителей в окружающую среду. Для морских операций с судами обязательны процедуры предварительного планирования, включая координацию с местными регуляторами, использование систем заземления и блокировку колес транспортных средств, а также запрет на курение и открытый огонь вблизи зон работы. Разработка планов предотвращения и контроля разливов, учитывающих сценарии различных масштабов, включает наличие оборудования для оперативного реагирования, такого как боомы для локализации нефтяных пятен на воде, и регулярные тренировки персонала для повышения готовности к чрезвычайным ситуациям. [2]

Технологии очистки и ремедиации играют решающую роль в минимизации последствий инцидентов, когда профилактика не срабатывает полностью. Механические скиммеры, представляющие собой устройства для сбора нефтяной пленки с поверхности воды, эффективно удаляют плавающие загрязнители в портах и гаванях, особенно в комбинации с абсорбентами и диспергентами для разложения эмульсий. Биоремедиация, основанная на использовании микроорганизмов, таких как бактерии и грибы, способные разлагать углеводороды, применяется для очистки загрязненных почв и водоемов, где химические методы могут быть менее экологичны; этот подход требует контроля условий, включая температуру и питательные вещества, для оптимизации процесса. Автономные системы сбора нефти, такие как SurfCleaner SCO 8000 и SCO 1000, демонстрируют высокую эффективность в непрерывном режиме: модель SCO 8000 восстанавливает до 8000 литров нефти в час с содержанием воды менее 0,5%, работая в бассейнах сточных вод нефтеперерабатывающих

заводов и справляясь с колебаниями уровня жидкости после штормов, при этом собирая данные для отчетности по устойчивости. Модель SCO 1000, с низким энергопотреблением (около 20 Вт), подходит для оперативного реагирования на разливы в ограниченных пространствах под причалами, позволяя удаленно управлять процессом сбора, сепарации и выгрузки концентрированной нефти, что снижает необходимость в вакуумных грузовиках на 99% и минимизирует воздействие на персонал. Эти системы не только удаляют почти 100% плавающих загрязнителей, включая тонкие пленки толщиной 0,1 мкм, но и позволяют перерабатывать собранную нефть в топливо, способствуя циркулярной экономике. В дополнение, для обработки донных осадков резервуаров и загрязненных почв используются методы переработки для извлечения продукта или утилизации в лицензированных объектах, с акцентом на минимизацию отходов через сепарацию и биологическую обработку. [3]

Регуляторные аспекты формируют основу для внедрения природоохранных мер, обеспечивая соответствие международным и национальным стандартам. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL) Приложение VI устанавливает требования к контролю эмиссий летучих органических соединений (ЛОС) через системы сбора паров на терминалах, включая термическое окисление, адсорбцию и конденсацию, что снижает выбросы во время погрузки-разгрузки танкеров и предотвращает образование смога. Для стационарных резервуаров с фиксированной крышей рекомендуется установка внутренних плавающих крыш и уплотнений для минимизации испарения, а для плавающих крыш — двойные уплотнения и регулярное обслуживание для предотвращения потерь паров, с учетом факторов, таких как размер резервуара, оборот и метеосостояние. Мониторинг качества воды и отходов внедрен в 82% портов, фокусируясь на предотвращении загрязнения и защите морской биоты через регулярные измерения с использованием датчиков реального времени и программ аудита. Руководства UNECE по безопасности нефтяных терминалов подчеркивают комплексный подход к предотвращению аварий, включая оценку рисков, планирование чрезвычайных ситуаций и использование лучших практик, таких как системы управления безопасностью и координация с местными властями. Национальные нормы, например Clean Water Act в США, дополняются требованиями к обработке сточных вод, достигая концентрации нефти и жиров не более 10 мг/л в сбросах, и обязательными программами мониторинга для операций с значительным воздействием. Кроме того, управление балластными водами требует обмена в открытом море или использования одобренных методов для предотвращения инвазии видов, а обработка отходов включает минимизацию загрязнения от ливневых стоков через буферные зоны и пористые системы дренажа. [4]

Интеграция цифровых технологий усиливает эффективность природоохранных мер, позволяя переходить от реактивного к проактивному управлению. Сенсоры Интернета вещей (IoT), установленные на резервуарах, трубопроводах и в зонах мониторинга, обеспечивают сбор данных в реальном времени о давлении, уровне жидкости и концентрации вредных веществ, что позволяет прогнозировать риски с помощью алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) и оптимизировать операции для снижения эмиссий. Такие системы, как в Surfcleaner, интегрируют сбор данных для ESG-отчетности, отслеживая объем удаленной нефти и энергопотребление, что способствует соблюдению регуляций и улучшению устойчивости. В портах применяются системы управления окружающей средой (EMS), основанные на цикле "планирование-выполнение-проверка-действие", для снижения воздействия на воздух, воду и биоразнообразие, включая использование альтернативных источников энергии, таких как холодное глажение (подключение судов к береговому электричеству для отключения двигателей) и низкоэмиссионные топлива. Эти технологии не только уменьшают вероятность инцидентов, но и способствуют восстановлению экосистем, например через использование

дноуглубительных материалов для создания искусственных рифов и восстановления болот, балансируя промышленные нужды с сохранением биоразнообразия. [5]

В контексте изменения климата адаптация включает планирование для повышения уровня моря и экстремальных погодных явлений, с акцентом на сейсмостойкие конструкции и климатические руководства для терминалов. В целом, комбинированное применение этих мер и технологий способствует глобальным усилиям по устойчивому развитию, снижая экологический след морских нефтяных операций и обеспечивая долгосрочную защиту морских ресурсов.

В итоге, эти подходы не только снижают вероятность экологических катастроф, но и способствуют глобальным усилиям по сохранению морских ресурсов, балансируя промышленные потребности с необходимостью адаптации к изменению климата, включая учет повышения уровня моря и экстремальных погодных явлений, что открывает путь к более экологичному будущему для нефтяной логистики.

1. Все терминалы нефтегазовой отрасли России // УГЛЕВОДОРОДЫ.РУ. URL: <https://uglevodorody.ru/terminals?ysclid=ly31gy0dq5365772206>.
2. Федеральный закон "Об ограничении выбросов парниковых газов" от 02.07.2021 № 296-ФЗ // Официальный интернет портал правовой информации. 2024 г.
3. Стандарт ISO 14067:2018 "Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению" от 20.08.2018 // Официальный интернет портал правовой информации. 2024 г.
4. Кожевин Д.Ф., Поляков А.С., Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Стариченков А.Л. Экологическая безопасность при авариях на морской составляющей мультимодальной трубопроводной системы // Морские интеллектуальные технологии. 2020. т.1. №. 2(48). С. 188-196.
5. Приказ МЧС России "Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации" от 28.12.2004 № 621 // Официальный интернет портал правовой информации. 2024 г.

РАЗДЕЛ VIII. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Балушкин Д.А., Магай А.П., Турбанов Р.Г.

Современные технологии в стандарте сотовой связи LTE: обзор ключевых новшеств

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

Научный руководитель: Чусов А.А.

Аннотация

В данной работе систематизированы знания о ключевых технологических новшествах стандарта LTE, представлен актуальный аналитический материал для исследователей, инженеров и студентов. Рассмотренные технологии – такие как самоорганизующиеся сети (SON), системы общественного оповещения (PWS) и фемтосоты – напрямую влияют на повышение надежности, доступности и безопасности мобильной связи для конечных пользователей, чем обусловлена практическая ценность работы, поскольку результаты представленного анализа способствуют лучшему пониманию эволюции телекоммуникационных систем, что является основой для информированных решений при планировании сетей следующего поколения и совершенствовании цифровой инфраструктуры, направленной на улучшение качества жизни в условиях глобальной цифровизации.

Ключевые слова: LTE, 4G, фемтосоты, Beamforming, SON, MBMS, PWS, позиционирование, радиочастотный спектр, технологии.

Abstract

The paper systematizes knowledge about the key technological innovations of the LTE standard, providing up-to-date analytical material for researchers, engineers, and students. The considered technologies – such as Self-Organizing Networks (SON), Public Warning Systems (PWS), and femtocells – directly contribute to enhancing the reliability, accessibility, and security of mobile communications for end-users. The results of the presented analysis provides for a better understanding of the evolution of telecommunication systems, which forms the basis for informed decision-making in planning next-generation networks and improving digital infrastructure aimed at enhancing the quality of life in the context of global digitalization.

Keywords: LTE, 4G, femtocells, Beamforming, SON, MBMS, PWS, positioning, radio frequency spectrum, technologies.

Стандарт Long-Term Evolution (LTE), часто обозначаемый как 4G, стал фундаментальным прорывом в области мобильной связи, ориентированным на удовлетворение растущего спроса на высокоскоростную передачу данных. В отличие от предыдущих поколений, LTE полностью основан на пакетной коммутации (IP - internet-protocol), что обеспечивает значительное превосходство в скорости передачи данных, снижении задержек и увеличении пропускной способности сети. Эти характеристики критически важны для поддержки современных сервисов, таких как потоковое видео высокой четкости, онлайн-игры и видеоконференции. Цель данной статьи – систематизировать и проанализировать основные технологические новшества, которые определяют возможности и архитектуру сетей LTE, обеспечивая их высокую производительность, гибкость и надежность.

1. Эффективность использования спектра и базовые технологии

Основой высокой скорости передачи данных в LTE стали технологии ортогонального частотного уплотнения (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) и множественного ввода-вывода (MIMO - Multiple Input – Multiple Output). Впервые была реализована концепция повторного использования частот в соседних сотах с разными диапазонами спектра, что позволило значительно повысить емкость сети. Пиковые скорости в ранних версиях LTE достигали 100 Мбит/с на прием и 50 Мбит/с на передачу, а в развитой версии LTE-Advanced (LTE-A) – до 1 Гбит/с и 500 Мбит/с соответственно.

2. Формирование луча (Beamforming)

Beamforming – это техника, при которой базовая станция фокусирует радиосигнал в направлении конкретного пользователя, а не распределяет его равномерно во все стороны. Это достигается за счет использования антенных решеток и управления фазой сигнала. В результате повышается соотношение сигнал/помеха, увеличивается пропускная способность канала и улучшается покрытие на краях сот. Недостатками являются высокая стоимость реализации и зависимость эффективности от точного местоположения абонента.

3. Многоадресная передача (MBMS/eMBMS)

Технология Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS), известная в LTE как eMBMS или LTE Broadcast, позволяет эффективно передавать один и тот же мультимедийный контент (например, ТВ-сигнал или экстренные оповещения) множеству пользователей одновременно. Это оптимизирует использование ресурсов сети в сценариях с массовым потреблением контента, хотя может приводить к повышенному энергопотреблению на устройствах.

4. Позиционирование (LTE Positioning)

LTE предусматривает встроенные механизмы определения местоположения абонентского оборудования (UE – User Equipment). Для этого используются измерения параметров радиосигналов от базовых станций (eNodeB) и, при необходимости, интеграция со спутниковыми системами (GNSS-Global Navigation Satellite System). Точность позиционирования повышается с использованием специальных опорных сигналов (PRS - Positioning Reference Signal). Данная технология является основой для сервисов, зависящих от местоположения (LBS - Location-Based Services).

5. Система общественного оповещения (PWS)

Public Warning System (PWS) в LTE предназначена для оперативной рассылки сообщений о чрезвычайных ситуациях (землетрясения, цунами и т.д.) всем абонентам в зоне риска. Сообщения должны доставляться в предельно сжатые сроки (до 4 секунд). Примеры реализаций – ETWS (Earthquake and Tsunami Warning System), CMAS (Commercial Mobile Alert System) и российская система ОКСИОН (общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения).

6. Фемтосоты и домашние базовые станции (HeNB)

Фемтосоты – это маломощные базовые станции (HeNB - Home evolved Node B), предназначенные для установки в помещениях с целью улучшения покрытия и увеличения пропускной способности в зонах с плохим приемом сигнала. Они поддерживают различные модели доступа: открытый, закрытый (CSG - Closed Subscriber Group – только для зарегистрированных абонентов) и гибридный. Подключение к сети может осуществляться через фемтошлюз (HeNB GW – HeNB gateway) или напрямую через локальный шлюз (LIPA - Local IP Access) для трафика локальной сети.

7. Самоорганизующиеся сети (SON)

Технология Self-Organizing Networks (SON) предназначена для автоматизации развертывания, управления и оптимизации сетей LTE. Функциональность SON делится на три основные группы:

- **Самоконфигурирование:** Новая базовая станция автоматически подключается к сети, загружает параметры и настраивается по принципу «plug-and-play».
- **Самооптимизация:** Параметры сети (мощность, наклон антенн и др.) автоматически адаптируются на основе текущих условий и нагрузки для поддержания качества обслуживания (QoS - Quality of Service) и энергоэффективности (например, «усыпление» сот ночью).
- **Самовосстановление:** При отказе сетевого узла соседние базовые станции автоматически перенастраиваются для компенсации сбоя и минимизации воздействия на пользователей.

1. 3GPP TS 36.300. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN).
2. Sawahashi, M., et al. "Broadband radio access: LTE and LTE-Advanced." IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2008.
3. Damnjanovic, A., et al. "A survey on 3GPP heterogeneous networks." IEEE Wireless Communications, vol. 18, no. 3, 2011.
4. 3GPP TR 36.902. Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-configuring and self-optimizing network (SON) use cases and solutions.



LJournal

Научно-издательский центр

Научный журнал

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА**

№6(17), Ноябрь 2025

ISSN 2782-6090



9 772782 609009 >

Подписано в печать 12.11.2025. Тираж 400 экз.
Формат.60x84/16. Объем уч.-изд. л.3,45
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович