

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ642612> EDN: LTCYTF

Виртуальная экосистема биомедицинских технологий с точки зрения цифровизации в здравоохранении

И.А. Киясов¹, С.Х. Нурутдинов¹, О.В. Леоненко¹, И.Р. Низамеев¹, А.М. Бариева²¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия;² Офтальмологическая клиника «Смотри», г. Нижний Новгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Информационные системы в области медицины являются базовой частью цифровой трансформации здравоохранения и оптимизации процессов во внутреннем контуре медицинских организаций независимо от их форм собственности.

Цель. Цифровая трансформация и совершенствование трансляции биомедицинских научных и прикладных разработок и информационных систем в комплексе с образовательными программами и медицинскими технологиями в пациент-ориентированные и практико-применимые товары и услуги.

Материал и методы. Объектом исследования стал процесс трансфера биомедицинских технологий. В процессе работы проведён анализ трансфера биомедицинских технологий на рынке аналогичных товаров и услуг в общедоступной сети Интернет, экспериментальные исследования с обратной связью на тестовых группах (произведено тестирование различных элементов платформы и собраны данные для систематизации и улучшения данного онлайн-сервиса). Изучены аналогичные сайты медицинских клиник, проанализированы сильные и слабые стороны их страниц. В ходе данного исследования выявлены четыре среднестатистические проблемы: сложная навигация, устаревший визуальный дизайн, низкая скорость загрузки страниц, неполная информация о возможностях сотрудничества и коммерциализации исследований.

Результаты. Создан функциональный прототип цифровой экосистемы (онлайн-платформы) биомедицинских технологий Казанского федерального университета, который включал оптимизированный до трёх кликов дружелюбный для клиента процесс движения от старта поиска услуг и товаров до размещения заявки на консультацию и/или приобретение. В 2024 году данный прототип размещён на официальном портале Казанского федерального университета в сети Интернет для общего доступа.

Заключение. Создание электронной платформы экосистемы трансляционных биомедицинских разработок, собственных и совершенствуемых продуктов и услуг международного уровня конкурентной ориентированности позволило развить импортозамещение в сфере биомедицинского направления и секторе здравоохранения.

Ключевые слова: трансляционная медицина; трансфер технологий; коммерциализация; цифровая трансформация; био-медицина; здравоохранение.

Как цитировать:

Киясов И.А., Нурутдинов С.Х., Леоненко О.В., Низамеев И.Р., Бариева А.М. Виртуальная экосистема биомедицинских технологий с точки зрения цифровизации в здравоохранении // Казанский медицинский журнал. 2025. DOI: 10.17816/KMJ642612 EDN: LTCYTF

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ642612> EDN: LTCYTF

Virtual Ecosystem of Biomedical Technologies From the Healthcare Digitalization Perspective

Ivan A. Kiyasov¹, Sultan Kh. Nurutdinov¹, Oksana V. Leonenko¹,
Ildar R. Nizameev¹, Aigul M. Barieva²

¹ Kazan Federal University, Kazan, Russia;

² Ophthalmological clinic "Smotri", Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Regardless of ownership structure, information systems are crucial for the digital transformation and process optimization of healthcare organizations.

AIM: This study aimed to digitally transform and improve the implementation of biomedical, scientific, and applied developments and information systems into patient-oriented products and services, integrating them with educational programs and medical technologies.

METHODS: How biomedical technologies are transferred to a similar segment of the online market was analyzed. Furthermore, experimental studies with feedback from test groups were conducted. Various elements of the platform were examined, and data were collected to improve and systematize this online service. The strengths and weaknesses of the websites of similar medical clinics were evaluated. Four common problems were identified: difficult navigation, outdated visual design, slow page loading speeds, and lacking collaboration and commercialization opportunities.

RESULTS: A prototype of Kazan Federal University's digital ecosystem (online platform) of biomedical technologies was developed. It includes a user-friendly, three-click process from start of search for services and products to submitting a request for consultation and/or purchase. In 2024, the prototype was posted for public access on the official Kazan Federal University website.

CONCLUSION: This international, competitive electronic platform of the biomedical translational ecosystem provides conditions for product and service localization in biomedical and healthcare sectors.

Keywords: translational medicine; technology transfer; commercialization; digital transformation; biomedicine; healthcare.

To cite this article:

Kiyasov IA, Nurutdinov SKh, Leonenko OV, Nizameev IR, Barieva AM. Virtual Ecosystem of biomedical technologies from the healthcare digitalization perspective. *Kazan Medical Journal*. 2025. DOI: 10.17816/KMJ642612 EDN: LTCYTF

АКТУАЛЬНОСТЬ

В современном мире процесс цифровизации становится объектом пристального внимания как со стороны органов государственного управления, так и со стороны научного сообщества [1]. Построение цифрового мира представляет собой 4-й этап промышленной революции, который фундаментальным образом меняет жизнь человека, внедряя во все сферы жизнедеятельности новые технологии [2]. Уникальность данного этапа заключается в стремительном темпе развития, широком охвате и интеграции множества научных дисциплин и открытий [3]. В рамках глобального тренда построения цифрового мира качественно новое состояние современного общества всё чаще описывается при помощи таких понятий, как «цифровизация», «цифровая трансформация», «искусственный интеллект», «цифровая платформа» «цифровая экономика» и «цифровые сервисы» [1].

Информационные системы в области медицины являются базовой частью цифровой трансформации здравоохранения и оптимизации процессов во внутреннем контуре медицинских организаций независимо от их форм собственности [4, 5]. Общая цель процесса цифровизации здравоохранения Российской Федерации представляет собой решение актуальных проблем, одной из которых считается обеспечение максимального количества жителей страны медицинскими услугами в условиях трансграничной разобщённости, масштабности территории и наличия населённых пунктов с разным уровнем жизни [5]. Приближение к этой цели видится в развитии инноваций и внедрения цифровых технологий [5, 6].

Современную медицину трудно представить без аппаратной диагностики, основанной на информационных технологиях, без онлайн-доступа к анализам и картам пациентов [5]. Эти технологии позволяют врачу получать максимально достоверную информацию о состоянии пациента, делать правильные выводы и избегать ошибок при постановке диагноза. Использование компьютерных технологий повышает когнитивный потенциал специфически медицинских знаний не только на этапе диагностики, но и на протяжении всего периода терапевтической работы с конкретным пациентом [7]. Повышается эффективность медицинских исследований: технологии позволяют собирать, хранить и анализировать огромные объёмы данных. Это включает электронные медицинские записи, геномные данные и биомаркеры, что помогает выявлять закономерности и тренды, которые не могли бы быть замечены при традиционных методах. Кроме того, увеличивается вариативность подобных исследований в процессе компьютерного моделирования тенденций развития заболевания и возможных состояний организма в ходе лечения [7].

Работа современного медицинского сотрудника включает умение пользоваться программным обеспечением для ввода данных в электронные базы данных, что в ближайшей перспективе должно способствовать полноценному переходу на электронный документооборот посредством медицинских информационных систем [7]. Современный пациент, получающий медицинскую помощь в рамках Программы государственных гарантий оказания гражданам медицинской помощи, использует единый портал государственных услуг для записи на приём, а также получает уведомления и отчёты о части оказанных услуг [8].

Медицинское образование также претерпевает изменения, уделяя всё больше внимания цифровым методам обучения [7]. Адаптация и внедрение новых технологий поддерживаются стремительным развитием компьютерных наук, которые позволяют виртуальной реальности охватывать всё больше сфер применения в обучении студентов-медиков, врачей и медсестёр [7].

Сегодня учёные получают подавляющее большинство цифровых данных из открытых хранилищ или генерируют их на собственных серверах напрямую из исследовательских лабораторий, где параллельно идут аналитика и поиск причин [9].

Все три вышеописанных категории (наука, образование, клиника) специалистов и граждан являются активными пользователями цифровых ресурсов и участниками концепции развития медицины будущего — трансляционной медицины [4]. основополагающая идея данной концепции — это сокращение временного разрыва между достижениями науки и методами, используемыми в практическом здравоохранении. Внедрение цифровых инструментов в систему здравоохранения позволяет добиться точности и эффективности процессов принятия решений в клинической практике медицинского работника, оптимизации времени для выполнения необходимых задач, повышения производительности труда работников, улучшения получения знаний и компетенций медработников [4].

Тренд на развитие трансляционной медицины не обошёл стороной подготовку и обучение кадров нового поколения в сфере здравоохранения в Казанском федеральном университете (КФУ), где данный сложный и многокомпонентный процесс начал развиваться ещё с момента открытия Института фундаментальной медицины и биологии, который был создан в 2012 году решением Учёного совета КФУ на базе биолого-почвенного факультета [10]. Объединение крупной многопрофильной медицинской организации с университетом позволило решить проблему отсутствия специализированной площадки для отработки практических навыков будущих врачей с пациентами¹.

¹ uniclinic.kpfu.ru [интернет]. Казанская федеральная университетская клиника. Режим доступа: <https://uniclinic.kpfu.ru> Дата обращения: 12.11.2024.

На основе двух действовавших государственных учреждений — Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ) и Институт фундаментальной медицины и биологии КФУ — была создана медико-санитарная часть ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) Федеральный университет» — Университетская клиника Казань (МЧС КФУ)².

Накопленный опыт трансфера технологий нашёл своё применение в целом по биомедицинскому направлению КФУ. Внутренняя среда организации на текущий момент позволяет реализовывать весь цикл трансляционной медицины.

Однако остаётся разрыв между создаваемыми технологиями, товарами и услугами и их ключевыми потребителями, к которым относятся:

- новые лабораторные исследования биоматериалов человеческого организма;
- расходные материалы, производимые в ограниченных количествах для узкоспециализированного рынка научно-исследовательских лабораторий с целью повышения импортозамещения, но не представляющие интереса для крупных профильных организаций, ориентированных на массовое производство;
- дополнительные программы профессионального образования с учётом новых методов и методологий, в т.ч. короткие учебные циклы;
- научно-исследовательские работы, требующие сотрудничества для более эффективного масштабирования и внедрения разрабатываемых технологий (исследования по формированию новых форматов сотрудничества между технологическим бизнесом и научными организациями, исследование технологий на стыке цифрового и физического миров, изучение технологий 3-й и 4-й технологической волны);
- высокотехнологичная приборная база, простаивающая между этапами реализации университетских проектов, несмотря на высокий спрос со стороны профильных внешних лабораторий — взаимодействие с ними затруднено из-за отсутствия своевременной и доступной информации [11, 12].

Информатизация и цифровая трансформация остаются актуальными задачами развития практически всех сфер деятельности в области здравоохранения. Разрыв между создаваемыми технологиями, товарами и услугами и их ключевыми потребителями до сих пор не преодолен [12, 13].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стал процесс трансфера биомедицинских технологий. Вид проведённого исследования — прикладной, тип — исследования и разработки.

Целью работы стали трансформация и совершенствование трансляции биомедицинских научных и прикладных разработок и информационных систем в комплексе с образовательными программами и медицинскими технологиями в пациент-ориентированные и практико-приемимые товары и услуги.

Для достижения цели исследование проводилось в несколько этапов. На 1-м этапе был запланирован сбор и анализ требований к цифровой платформе по данным интервьюирования врачей, сотрудников отдела постдипломного образования, руководителей научного блока биомедицинского направления КФУ. На основании полученных данных выделены основные требования к функциональности и дизайну платформы, которые разделены на три основных блока: клиника, образование и наука (далее НИОКР — научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы).

Вторым этапом стало определение целевой аудитории для каждого выделенного блока, при этом выявлены различия в её характеристиках. Так, в области постдипломного образования основными потребителями являются врачи крупных клиник и частного сектора здравоохранения; клиническая часть проекта затрагивает рынок дополнительного медицинского страхования и рынки потребительских услуг России и стран СНГ; научная часть, в свою очередь, больший отклик находит среди компаний со схожими видами деятельности (крупные университеты, фармакологические компании), сотрудников лабораторий, чьи интересы лежат в аналогичных сферах НИОКР и врачебных команд, занимающихся лечением сложных коморбидных состояний или редких заболеваний.

Кроме того, проведено изучение аналогичных сайтов конкурентов («Лахта клиника», «Клиника СМТ», «Клиника будь здоров», «ГенОМ», «Клиника Пирогова», «Инвитро»), с анализом сильных и слабых сторон их страниц. В ходе исследования выявлены четыре среднестатистические проблемы: сложная навигация, устаревший визуальный дизайн, низкая скорость загрузки страниц, неполная информация о возможностях сотрудничества и коммерциализации исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании изучения и анализа полученных данных произведена разработка корректирующих мероприятий и создания альтернативных решений, что стало 3-м этапом работы.

Три основных корректирующих мероприятия:

- 1) переработана структура сайта конкурентов для упрощения навигации и быстрого доступа к ключевой информации;

² Протокол № 1 заседания Наблюдательного Совета КФУ с участием Президента Республики Татарстан Р.Н. Минниханова от 28 апреля 2015 года. Режим доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F1515445309/Protokol.1_50__28.05.2020.pdf Дата обращения: 12.11.2024.

2) разработан современный и привлекательный дизайн с учётом требований КФУ и внешних проверяющих организаций;

3) проведена оптимизация изображений и кода для ускорения загрузки страниц, которые включены в дорожную карту разработки дизайна виртуальной экосистемы.

Для каждой категории (наука, образование, клиника) была создана блок-схема (рис. 1), при этом каждая из них включала следующие элементы:

- начальная точка — событие или действие, инициирующее процесс;
- этапы процесса — последовательные шаги выполнения задачи, представленные прямоугольниками;
- выбор — ветвление бизнес-процесса, обозначается ромбом;
- потоки данных — стрелки, указывающие последовательность шагов;
- конечная точка — завершение процесса или его результат.

Следующим этапом проведены анализ возможных программных решений и технологий для реализации цифровой платформы и оценка возможностей интеграции с внешними и внутренними системами (системы управления взаимоотношения с клиентами, системы управления обучением, научными и медицинскими базами данных, медицинскими и лабораторными информационными системами, официальным порталом организации). На основе полученных результатов создан раздел в Техническом задании, в котором описаны возможности интеграции с указанными системами с анализом их влияния на функциональность сайта.

После определения наиболее подходящих технических средств реализации создаваемой цифровой экосистемы проведён анализ ключевых слов и конкурентов для выявления возможных действий по внутренней и внешней оптимизации, направленных на повышение позиций сайта в поисковой выдаче. Завершение данного раздела работ позволило актуализировать имеющуюся информацию и перейти к определению стратегии продвижения платформы с учётом целей проекта и особенностей целевой аудитории.

В 2023 году был создан прототип виртуальной экосистемы биомедицинских технологий — электронная цифровая платформа. С помощью платформы можно решить следующие задачи:

- содействие приоритетному развитию фундаментальных и прикладных исследований в области трансляционной медицины как основы создания новых знаний, разработки новых технологий, становления и развития научных школ;
- повышение эффективности и практической значимости научно-исследовательской деятельности;
- выполнение хозяйственных работ по заказам предприятий реального сектора экономики;

Таблица 1. Основные функции и возможности сайта для каждого раздела платформы

Table 1. Main website functions and features of each platform section

Блок веб-сайта	Основные функции и возможности сайта
Клиника	<ul style="list-style-type: none"> • Просмотр перечня доступных услуг; • поиск и ознакомление с профилями врачей; • возможность записи на приём через онлайн-форму
Наука	<ul style="list-style-type: none"> • Публикация научных статей, отчётов и новостей; • демонстрация достижений учёных и исследовательских групп; • предоставление доступа к базе данных текущих и завершённых проектов
Образование	<ul style="list-style-type: none"> • Предоставление информации о доступных программах обучения; • публикация расписаний и условий записи на курсы; • поддержка связи с абитуриентами и слушателями через интерактивные формы



Рис. 1. Схематическое изображение структуры разрабатываемой блок-схемы.

Fig. 1. Flow diagram under development.

- обеспечение условий для интеграции образования, науки и медицины;
- обнародование и популяризация полученных научных результатов, создаваемых образовательных программ и оказываемой высокотехнологичной медицинской помощи¹.

В результате исследования создан дизайн цифровой платформы, включающий оптимизированный до трёх кликов дружелюбный для клиента процесс движения от старта поиска услуг и товаров до размещения заявки на консультацию и/или приобретение.

Блок сайта Клиники предназначен для предоставления информации о медицинских услугах, специалистах и процедурах, предлагаемых университетской клиникой. Сайт, посвящённый научной деятельности университета, станет площадкой для публикации и популяризации исследований и открытий учёных. Сайт, ориентированный на образовательные программы университета, в первую очередь, на дополнительное образование и курсы повышения квалификации. Ключевые возможности и функции представлены в табл. 1.

Далее на малой случайной выборке пользователей проведено тестирование интерактивных прототипов для выявления возможных проблем в навигации и взаимодействии. Обнаружены и устранены ошибки и недочёты в интерфейсе¹.

Следующим этапом разработаны макеты для различных устройств (десктопы, планшеты, смартфоны). Создана библиотека готовых компонентов пользовательского интерфейса для использования при разработке и поддержке сайта. Обеспечена единообразность и целостность дизайна. Контент каждой страницы структурирован с использованием семантических тегов HTML для лучшей интерпретации поисковыми системами и адаптивности, а также другие технические работы. В итоге разработан адаптивный дизайн, обеспечивающий корректное отображение и функциональность на различных устройствах, включая мобильные, планшеты и десктопы.

ОБСУЖДЕНИЕ

К концу 2023 года сайт будущей цифровой платформы развёрнут на выбранном хостинге, обеспечивающем стабильную работу и быстрое соединение с пользователями, но скрыт от общедоступного просмотра с целью проведения взаимодействия с бэкэнд-разработчиками для интеграции с серверной частью и настройки передачи данных между клиентом и сервером.

Проведены дополнительные необходимые настройки:

- определены основные компоненты системы и взаимосвязи между ними;
- установлены и настроены серверы разработки для создания и тестирования приложения, средства контроля версий (Git) для совместной работы над кодом;
- установлена и настроена база данных (MySQL) в соответствии с требованиями проекта;
- созданы таблицы, индексы и ограничения для хранения данных;
- реализованы системы прикладного программирования поиска данных для взаимодействия с фронтендом.

Далее реализована и отработана на тестовых группах пользователей бизнес-логика для каждого блока сайта: среди потребителей медицинских услуг, преподавателей, исследователей и врачей. Внедрены функциональности, специфичные для каждого блока, такие как управление записями пациентов, курсами образования, публикация и поиск научных статей, реализуемых в КФУ НИОКР.

Проведён отдельный пласт работ по реализации механизмов защиты от некорректных данных и угроз информационной безопасности. Настроено взаимодействие с внешними системами и сервисами, в т. ч. с Битрикс24 — онлайн-платформой для управления задачами и проектами. Через неё осуществляется приём и обработка заявок от потребителей продуктов и услуг КФУ по биомедицинскому направлению. С помощью данной системы можно оптимизировать клиентский сервис, управлять персоналом и каналами связи. Приём заявок от пациентов возможен через веб-формы, чат-боты, электронную почту и мессенджеры.

Разработано 10 тестовых сценариев, описывающих основные варианты использования платформы. Создано 50 тестовых случаев, охватывающих различные функциональные возможности и сценарии использования. При этом 80% тестовых случаев были успешно выполнены, остальные 20% привели к обнаружению дефектов. Описан отчёт о тестировании интеграции между внешним интерфейсом и базовой программой сайта для проверки корректности передачи данных и выполнения запросов. Проведено повторное тестирование системы после внесения изменений и исправления выявленных багов для проверки их успешного решения. Настроено регулярное резервное копирование данных и системных конфигураций для обеспечения безопасности и возможности восстановления в случае сбоя или потери данных. Настроено кэширование с использованием инструментов, таких как Redis или Memcached, для ускорения работы приложения и снижения нагрузки на базы данных. Определены потенциальные угрозы безопасности и уязвимости, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации сайта. Проведена оценка уровня риска каждой угрозы для определения их приоритетности и разработки соответствующих мер по снижению рисков. Результаты описаны в отчёте по информационной безопасности.

Создан план управления рисками, включающий описание выявленных угроз, определение ответственных лиц и мер по снижению рисков.

Реализованы сортировка, фильтрация и систематизация для удобства навигации по содержанию сайта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате всех вышеописанных работ создан полноценный функциональный прототип цифровой экосистемы биомедицинских технологий КФУ. В 2024 году данный прототип размещён на официальном портале КФУ в сети Интернет для общего доступа.

Следующим этапом планируется провести интеграцию баз данных с лабораторными и медицинскими информационными системами для повышения сервисной составляющей и оптимизации пути со стороны клиента. Интеграция способствует реализации интерактивной формы для записи на приём к врачу, где пользователи смогут указать желаемую услугу, выбрать специалиста и предложить предпочтительное время приёма.

Со стороны организации решение данных вопросов позволит повысить уровень эффективности аналитики и построения прогностических моделей операционного управления и стратегического планирования, а также будет способствовать увеличению потенциала развития ключевых показателей деятельности клиники.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. К.И.А. — разработка концепции, проведение исследования, работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; Н.С.К. — курирование данных, пересмотр и редактирование рукописи; Л.О.В. — проведение исследования, работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; Н.И.Р. — разработка методологии, разработка программного обеспечения; Б.А.М. — работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источники финансирования. Исследование проведено в рамках стратегического проекта «Геномные и постгеномные технологии здоровьесбережения и повышение биологической грамотности для устойчивого развития общества», Программы развития Казанского (Приволжского) федерального университета на 2021–2030 гг., реализуемой в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы были использованы фрагменты собственного текста, опубликованного ранее [Киясов А.П., Гумерова А.А., Абдулхаков С.Р., Киясова Е.В., Гайфуллина Р.Ф., Хасанова Р.Н. Трансляционная медицина в казанском федеральном университете // Учёные записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2017. № 4. С. 700–706], [Шигабутдинов Р.Р., Нурутдинов С.Х., Киясов И.А., Леоненко О.В., Латыпов А.И. Опыт интеграции крупной многопрофильной медицинской организации в состав университета с точки зрения цифровой трансформации на примере клиники КФУ. В кн.: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK — 2024: сборник материалов. С. 937–944.].

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали три внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Batsina EA, Popsuyko AN, Artamonova GV. Digitalization of healthcare in the russian federation: myth or reality? *Medical Doctor and IT*. 2020;(3):73–80. doi: 10.37690/1811-0193-2020-3-73-80 EDN: BMYUHL
2. Skobnikova VK, Shishchenko EV. Digitalization in the Russian Healthcare System. *Science Bulletin*. 2020;26(5):278–285. (In Russ.) EDN: IGNGGD
3. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. Moscow: Eksmo; 2016. P. 213–215. (In Russ.) EDN: VUJSVF
4. Morozova JuA. Digital transformation of Russian health care as a factor in the development of the industry. *Intellect. Innovations. Investments*. 2020;(2):36–47. doi: 10.25198/2077-7175-2020-2-36 EDN: SKFWO0
5. Karpov OE, Subbotin SA, Shishkanov DV, Zamyatin MN. Digital public health. Necessity and background. *Medical Doctor and IT*. 2017;(3):6–22. EDN: ZGYVMB
6. Соловьёв В. Цифровизация медицины 2023 — практическое применение и тренды [интернет]. База знаний № 3. Health, 16.08.2022.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: K.I.A: conceptualization, investigation, data curation, writing—original draft, writing—review & editing; N.S.K.: data curation, writing—review & editing; L.O.V.: investigation, data curation; writing—original draft, writing—review & editing; N.I.R.: methodology; B.A.M.: data curation, writing—original draft, writing—review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published and agree to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: The study was conducted as part of the strategic project “Genomic and Post-Genomic Technologies for Health Preservation and Increasing Biological Literacy to Promote Sustainable Development of Society” under the Development Program of the Kazan Federal University (Volga Region) for 2021–2030. This program was implemented as part of the “Priority-2030” strategic academic leadership program.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: This work was prepared using fragments of the authors' previously published papers: Kiyasov A.P., Gumerova A.A., Abdulhakov S.R., Kiyasova E.V., Gaifullina R.F., and Khasanova R.N. Translational Medicine at the Kazan Federal University. *Scientific Bulletin of Kazan University. Series: Natural Sciences*. 2017. No. 4, pp. 700–706 [Киясов А.П., Гумерова А.А., Абдулхаков С.Р., Киясова Е.В., Гайфуллина Р.Ф., Хасанова Р.Н. Трансляционная медицина в казанском федеральном университете // Учёные записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2017. № 4. С. 700–706.] and Shigabutdinov R.R., Nurutdinov S.Kh., Kiyasov I.A., Leonenko O.V., Latypov A.I. Experience of Integrating a Large, Multidisciplinary Medical Organization into a University from the Perspective of Digital Transformation: The Case of the Kazan Federal University Clinic. In: *International Forum KAZAN DIGITAL WEEK 2024: Collection of Materials*, pp. 937–944 [Шигабутдинов Р.Р., Нурутдинов С.Х., Киясов И.А., Леоненко О.В., Латыпов А.И. Опыт интеграции крупной многопрофильной медицинской организации в состав университета с точки зрения цифровой трансформации на примере клиники КФУ. В кн.: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK—2024: сборник материалов. С. 937–944.].

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this paper.

Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The review process involved three external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

Режим доступа: <https://n3health.ru/informacionnye-tehnologii-v-medicine> Дата обращения: 12.11.2024.

7. Kovelina TA, Lagutin AO, Onishchenko VL. Virtualization of the medical field of contemporary Russian society: problems and solutions. *Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2011;(4):139–143. EDN: OOPBOL
8. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education — a scoping review protocol. *Syst Rev*. 2023;12(1):97. doi: 10.1186/s13643-023-02266-6 EDN: VZDSYW
9. Pugachev PS, Gusev AV, Kobayakova OS, et al. Global trends in the digital transformation of the healthcare industry. *National health care*. 2021;(2):5–12. doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12 EDN: JADWXX
10. Kiassov AP, Gumerova AA, Abdulkhakov SR, et al. Translational medicine at the Kazan Federal University. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. 2017;159(4):700–706. EDN: GTRFQW

11. Shigabutdinov RR, Nurutdinov SKh, Kiyasov IA, et al. Experience of integration of a large multidisciplinary medical organization into a university from the point of view of digital transformation using the example of KFU clinic. In: *Kazan digital week — 2024. Proceedings of the International Forum Part 1*. P. 937–944. EDN: XFJPTY

12. Nazarov VS, Avksentyev NA, Sisigina NN. *Main directions of development of the Russian healthcare system: trends, forks, scenarios*. Moscow: Delo RANEPА; 2019. 65 p. ISBN: 978-5-7749-1443-2 EDN: YXTABF

13. Gusev AV, Pliss MA, Levin MB, Novitsky RE. trends and forecasts for the development of medical information systems in Russia. *Medical Doctor and IT*. 2019;(2):38–49. EDN: DQTFRI

ОБ АВТОРАХ

* **Бариева Айгуль Маратовна**, врач-офтальмолог, 2-я категория; адрес: Россия, 603093, Нижний Новгород, ул. Родионова, д. 178, кв. 19; ORCID: 0000-0001-9009-1273; eLibrary SPIN: 2781-5770; e-mail: rezaig@mail.ru

Киясов Иван Андреевич, канд. мед. наук, доцент, каф. биоэкологии, гигиены и общественного здоровья, заместитель главного врача по цифровой медицине и общим вопросам Медико-санитарной части; ORCID: 0000-0002-4947-881X; eLibrary SPIN: 6000-3551; e-mail: IAKiyasov@kpfu.ru

Нурутдинов Султан Хамитович, директор, департамент информатизации и связи; e-mail: sultan@kpfu.ru

Леоненко Оксана Валерьевна, начальник, отдел аналитики и проектирования информационных систем; e-mail: OVLeonenko@kpfu.ru

Низамеев Ильдар Равильевич, лаборант, центр цифровой медицины; e-mail: ceo@ilartech.com

AUTHORS INFO

* **Aigul M. Barieva**, ophthalmologist, 2nd category; address: 178 Rodionova st, apt 19, Nizhny Novgorod, Russia, 603093; ORCID: 0000-0001-9009-1273; eLibrary SPIN: 2781-5770; e-mail: rezaig@mail.ru

Ivan A. Kiyasov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor, Depart. of Bioecology, Hygiene and Public Health, Deputy Chief Physician for Digital Medicine and General Issues of the Medical and Sanitary Part; ORCID: 0000-0002-4947-881X; eLibrary SPIN: 6000-3551; e-mail: IAKiyasov@kpfu.ru

Sultan Kh. Nurutdinov, Director, Depart. of Informatization and Communications; e-mail: sultan@kpfu.ru

Oksana V. Leonenko, Head, Depart. of Analytics and Design of Information Systems; e-mail: OVLeonenko@kpfu.ru

Ildar R. Nizameev, laboratory assistant, Center for Digital Medicine; e-mail: ceo@ilartech.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author