

УДК 004.9:61

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В.В. Забавнюк, 1 курс

Научный руководитель – **О.Н. Минюк**, к.сх.н., доцент

Полесский государственный университет

Цифровизация здравоохранения является одним из ключевых направлений современной медицины, направленным на повышение качества и доступности медицинской помощи, оптимизацию управления и снижение затрат. Современное здравоохранение переживает масштабную технологическую революцию, в которой инженерные методы обработки данных становятся столь же значимыми, как и клинический опыт. Переход к концепции "Медицина 4.0" подразумевает создание единой цифровой экосистемы, где ключевыми факторами являются точность моделирования биологических процессов и надежность информационных каналов. В основе этой трансформации лежит внедрение искусственного интеллекта, базирующегося на методах машинного обучения и глубоких нейронных сетях, которые в инжиниринге медицинских систем выполняют роль предиктивного анализатора [3]. Практическое применение математических моделей наглядно прослеживается в диагностике: использование сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа рентгенологических снимков позволяет классифицировать патологии с точностью, на 15–20% превышающей возможности человека, в то время как методы Big Data выявляют скрытые корреляции между генетическими маркерами и эффективностью лекарственных препаратов [5].

Развитие технологий неразрывно связано с совершенствованием телемедицины и "Интернета медицинских вещей" (IoMT). Носимые гаджеты и патч-сенсоры осуществляют непрерывный сбор физиологических параметров, таких как пульс и сатурация (SpO_2), требуя при этом сложной алгоритмической обработки [6]. Для очистки сигналов от шумов применяются фильтры Калмана, а превентивная функция системы позволяет предсказывать критические состояния, например гипертонический криз, за несколько часов до их физического проявления. В этом контексте актуальным становится переход к периферийным вычислениям (Edge Computing), когда первичная обработка данных происходит непосредственно на устройстве пациента, что минимизирует задержки в критических ситуациях и требует создания оптимизированных, "легких" математических моделей, способных эффективно работать на микроконтроллерах.

Новым витком этой эволюции становится интеграция наносенсоров и биочипов, способных проводить биохимический анализ крови в режиме реального времени внутри организма, что расширяет горизонты концепции "цифровых двойников" (Digital Twins) – динамических математических моделей организма, которые теперь могут учитывать не только макропоказатели, но и молекулярную динамику [4]. Такие модели позволяют инженерам и врачам тестировать воздействие препаратов или планировать ход сложных операций на виртуальной копии пациента, сводя к минимуму риск побочных эффектов. При этом вычислительная нагрузка, создаваемая такими моделями, постепенно переходит в область квантовых вычислений, которые способны моделировать сворачивание белков и взаимодействие молекул с беспрецедентной скоростью, недоступной классическим суперкомпьютерам.

Фундаментом для функционирования подобных систем являются облачные хранилища электронных медицинских записей (EHR) и архитектура "умных госпиталей" (Smart Hospitals) [4]. Основная инженерная задача здесь заключается в обеспечении интероперабельности через современные протоколы, такие как HL7 FHIR, которые позволяют разнородным ИТ-системам – от лабораторных анализаторов до роботизированных аптечных складов – бесшовно обмениваться данными. В условиях такой глобальной связности критически возрастает роль кибербезопасности. Защита данных требует внедрения сквозного шифрования, технологий блокчейн для обеспечения неизменности истории болезни и многофакторной биометрической аутентификации [7]. Нормативно-правовые аспекты внедрения таких систем регулируются, в том числе, законодательством Республики Беларусь [1; 2].

Наряду с программными решениями, важную роль играет робототехника и прецизионная хирургия. Применение систем типа Da Vinci демонстрирует возможности сверхточного манипулирования, где математическое моделирование компенсирует естественный тремор рук хирурга, ускоряя реабилитацию пациентов на 30–40% [4]. Параллельно развивается направление мягкой робототехники (Soft Robotics) для создания эндоскопических инструментов, способных адаптироваться к анатомии конкретного пациента. При этом современный инжиниринг движется в сторону "объяснимого ИИ" (Explainable AI), стремясь сделать логику алгоритмов прозрачной для врача и решить этическую дилемму доверия к автоматизированным системам принятия решений [3].

Несмотря на очевидные перспективы, полная интеграция ИТ-решений сталкивается с экономическими барьерами, цифровым неравенством регионов и необходимостью формирования нового класса специалистов – биоинженеров и медицинских архитекторов данных. Тем не менее, цифровизация здравоохранения представляет собой не просто техническую замену бумаги на компьютер, а фундаментальный инженерный сдвиг в сторону превентивной, персонализированной и высокоточной медицины. Перспективы дальнейшего развития направлены на создание более интегрированной, персонализированной и безопасной медицинской среды. Внедрение цифровых инноваций требует совместных усилий государственных учреждений здравоохранения, технологических компаний и общества для достижения максимального эффекта и устойчивого развития отрасли.

Список использованных источников

1. Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://minzdrav.gov.by/>. – Дата доступа: 08.04.2026.
2. О здравоохранении: Закон Республики Беларусь, 18 июня 1993 г., № 2435-ХІІ: в ред. Закона Республики Беларусь от 08.07.2024 г. № 26-З // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2026. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=V19302435>. – Дата доступа: 08.04.2026.
3. Гусев, А. В. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении: обзоры и прогнозы / А. В. Гусев, Р. И. Новицкий // Информационные технологии в здравоохранении. – 2022. – № 4. – С. 12–18.
4. Карпов, О. Э. Цифровое здравоохранение. Архитектура и технологии информационных систем / О. Э. Карпов. – М.: Дель Плюс, 2021. – 240 с.
5. Лебедев, Г. С. Математические методы и модели в задачах цифровой трансформации медицины / Г. С. Лебедев, И. А. Шадеркин // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2023. – Т. 9, № 2. – С. 45–54.

6. Петров, А. С. Инженерные аспекты проектирования носимых устройств для мониторинга физиологических показателей / А. С. Петров, В. М. Сидоров // Вестник кибернетики. – 2024. – № 1. – С. 88–95.
7. Чернов, В. В. Безопасность и защита данных в медицинских информационных системах на основе технологии блокчейн / В. В. Чернов, Д. А. Смирнов // Программные продукты и системы. – 2023. – № 3. – С. 112–120.