

УДК 339.9

DOI:10.24412/2782-4845-2023-8-52-71

## СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**О.Н. Левчegov**, Липецкий филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Липецк, Россия

*Аннотация.* Данная статья посвящена исследованию использования искусственного интеллекта в здравоохранении. На основе анализа статистических данных показано, что инструменты искусственного интеллекта в здравоохранении быстро проникают в отрасль, получая широкое распространение. Это позволяет повысить эффективность медицинской деятельности, улучшить уход за пациентами, оптимизировать операции и снизить постоянно растущую нагрузку на систему здравоохранения. Эффективное использование искусственного интеллекта в здравоохранении позволит оптимизировать интеллектуальные и клинические процессы, сделав медицинскую практику более эффективной и персонализированной. В работе рассмотрены основные методы искусственного интеллекта, используемые в здравоохранении, приведены направления и примеры их реального использования. Также рассмотрены основные проблемы и намечены перспективы применения искусственного интеллекта в здравоохранении.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, большие данные, машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети, обработка естественного языка, роботизированная автоматизация процессов

**Для цитирования:** Левчegov О.Н. Системы искусственного интеллекта в здравоохранении: текущее состояние, проблемы и перспективы // ЭФО. Экономика. Финансы. Общество. 2023. №4(8). С.52-71. DOI: 10.24412/2782-4845-2023-8-52-71

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN HEALTHCARE: CURRENT STATE, PROBLEMS AND PROSPECTS

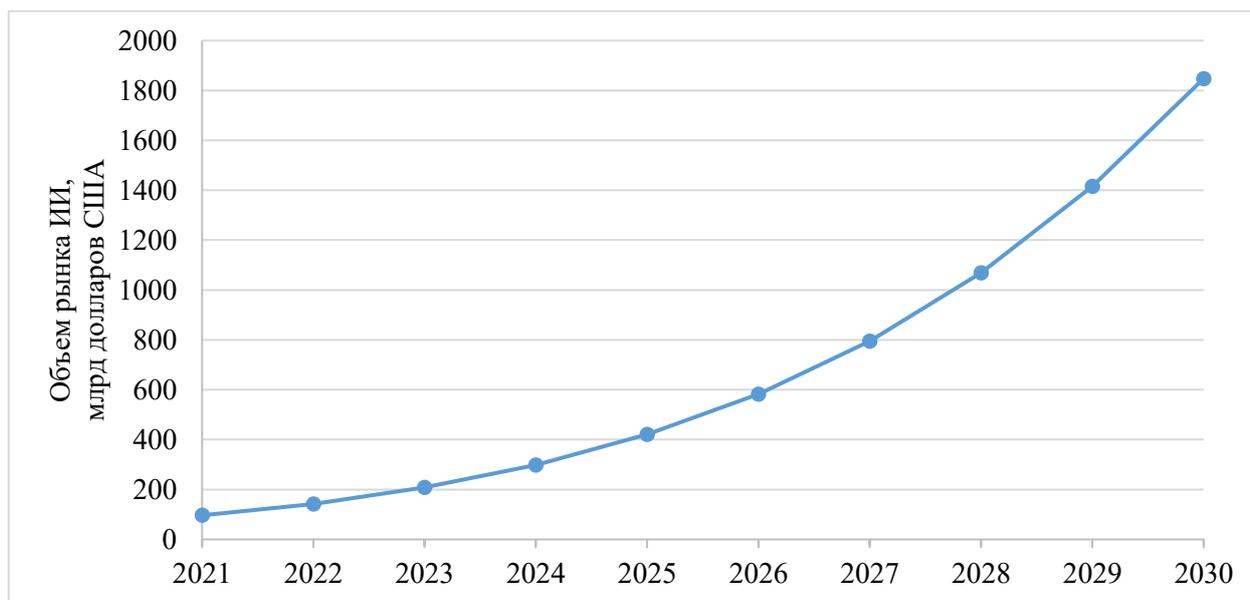
**O.N. Levchegov**, Lipetsk Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Lipetsk, Russia

*Abstract.* This article is devoted to the study of the use of artificial intelligence in healthcare. Based on the analysis of statistical data, it is shown that artificial intelligence tools in healthcare are rapidly penetrating the industry, becoming widespread. This makes it possible to increase the efficiency of medical activities, improve patient care, optimize operations and reduce the ever-increasing burden on healthcare system. The effective use of artificial intelligence in healthcare will optimize intellectual and clinical processes, making medical practice more effective and personalized. The paper considers the main methods of artificial intelligence used in healthcare, provides directions and examples of their real use. The main problems are also considered and prospects for the use of artificial intelligence in healthcare are outlined.

**Keywords:** artificial intelligence, big data, machine learning, deep learning, neural networks, natural language processing, robotic processes automation

### **Введение**

По данным глобальной платформы статистических данных Statista, в 2022 году общемировой рынок искусственного интеллекта (ИИ) составил более 140 млрд долларов США [1]. Проведённые исследования позволяют утверждать, что при сохранении существующей тенденции к 2030 году рынок ИИ вырастет до 1,85 трлн долларов США, т.е. в 13 раз за 8 лет.



**Рис. 1. Динамика объема рынка искусственного интеллекта (2024-2030 годы - прогноз), млрд долларов США по данным Statista\***

\*составлено автором по данным [1]

Российский рынок ИИ в 2022 г. оценивался в  $\text{R}647$  млрд рублей или  $\text{\$}8,1$  млрд (по курсу  $1 \text{ \$} = 80 \text{ R}$  на момент публикации), это на 17,3% больше, чем годом ранее, подсчитали аналитики Центра компетенций НТИ по направлению «Искусственный интеллект» на базе МФТИ. Согласно исследованию, «российское государство потратило на поддержку ИИ в 2022 году 7,1 млрд руб, что на 2,4 млрд руб. больше, чем в 2021 г., и в 2,7 раза больше, чем в 2018 г. (1,1 млрд руб.). При этом на государственные закупки в сфере ИИ в 2022 году было потрачено более 1 млрд рублей (75% от общего объема — оказание услуг)» [2].

В настоящее время ИИ используется для моделирования человеческого интеллекта в автоматизированных или компьютерных системах. Внедрение ИИ помогает машинам учиться и приобретать навыки решения проблем, понимать человеческий язык и анализировать собранные данные. ИИ может комбинировать большие наборы используя такие алгоритмы обработки, как машинное обучение и глубокое обучение, чтобы учиться на шаблонах и принимать рациональные решения. Искусственный интеллект широко

применяется в различных отраслях промышленности для повышения эффективности, производительности и производительности, качество обслуживания и сокращение человеческих ошибок.

Внедрение глубокого обучения и нейронных сетей позволяет еще больше ускорить эти процессы. Глубокое обучение - это форма машинного обучения и искусственного интеллекта, которая имитирует то, как люди приобретают определенные типы знаний. Нейронные сети используются в глубоком обучении для решения различных задач: от простых задач категоризации до более сложных, таких как распознавание речи и изображений. Большая часть передовой автоматизации крупных платформ искусственного интеллекта связана с развитием и внедрением машинного и глубокого обучения.

Наиболее распространенное применение глубокого обучения — способность компьютеров различать разные объекты, изображенные на картинках. Существует множество применений глубокого обучения на основе компьютерного зрения: от простых, таких как идентификация логотипов в социальных сетях, до более сложных, таких как диагностика заболеваний по медицинским изображениям. Кроме того, глубокое обучение широко используется при обнаружении мошенничества. Также возможно обнаружить, казалось бы, необнаружимые признаки мошенничества, используя многоуровневые структуры нейронных сетей, позволяющие искать в больших наборах данных сложные взаимосвязи. Таким образом, нейронные сети используются, среди прочего, для проверки транзакций в здравоохранении, электронной коммерции, финансовых услугах и других отраслях, для обнаружения мошеннических или дублирующих страховых претензий, а также для выявления краж.

### ***Основная часть***

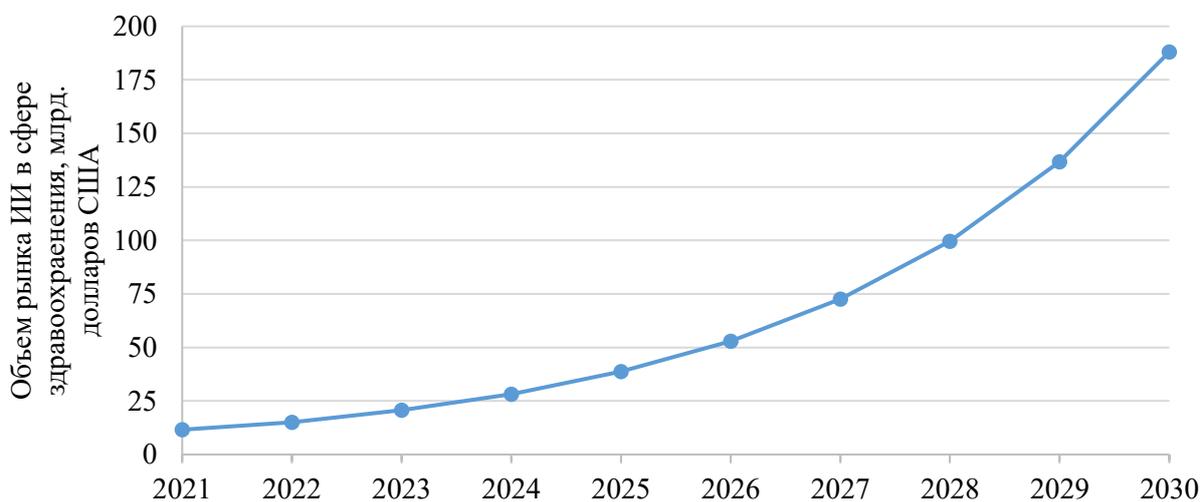
Здравоохранение постепенно внедряет технологии искусственного интеллекта, широко используемые в современном бизнесе и повседневной жизни. Искусственный интеллект обладает значительным потенциалом, помогая медицинским работникам в уходе за пациентами и хирургических процедурах, позволяя им использовать существующие решения и быстрее преодолевать возникающие проблемы. Большинство технологий искусственного интеллекта очень актуальны для отрасли здравоохранения, однако их области применения могут существенно различаться в разных больницах и других организациях здравоохранения.

Машинное обучение — одна из наиболее известных технологий искусственного интеллекта, используемых в здравоохранении, в первую очередь, благодаря ее использованию в точной медицине: в последние несколько десятилетий диагностика и лечение заболеваний с помощью искусственного интеллекта заняли центральное место в здравоохранении. Кроме того, ИИ в здравоохранении может использоваться для различных приложений, включая клиническую документацию, обработку претензий, управление прибылью и медицинскими данными медучреждения.

Появление ИИ в здравоохранении изменило подходы к диагностике, мониторингу и лечению пациентов. Эта передовая технология способствует масштабным инновациям в отрасли, способствуя быстрому прогрессу в открытии и разработке лекарств, а также предоставляя медицинским работникам возможность предоставлять улучшенную и ускоренную помощь.

Вспышка пандемии COVID-19 еще больше подтолкнула отрасль здравоохранения к внедрению ИИ. Пандемия способствовала широкому распространению и развитию здравоохранения на основе искусственного интеллекта, позволяя более эффективно осуществлять диагностику, обнаружение, уход за пациентами, клинические испытания новых лекарств, урегулирование претензий и использование виртуальных помощников.

По данным Statista, стоимость ИИ в здравоохранении во всем мире в 2022 году составила более 15 млрд. долларов, а к 2030 году, по оценкам, достигнет 188 миллиардов долларов со среднегодовым темпом прироста 37% ежегодно в период с 2022 по 2030 годы.



**Рис. 1. Динамика объема рынка искусственного интеллекта (2024-2030 годы - прогноз), млрд. долларов США по данным Statista\***

*\*составлено автором по данным [3]*

ИИ в здравоохранении — это совокупность множества технологий, каждая из которых служит определенным целям. Хотя отрасль получает большую выгоду от различных технологий искусственного интеллекта, задачи и процессы, которые они поддерживают, могут различаться. Рассмотрим некоторые из наиболее важных технологий искусственного интеллекта в здравоохранении.

1. Машинное обучение (Machine learning, далее - ML) — одна из распространенных форм искусственного интеллекта в отрасли здравоохранения. Машинное обучение использует данные и алгоритмы для имитации того, как учатся люди, постепенно повышая точность.

Точная медицина — одно из самых востребованных применений ML в здравоохранении. Он прогнозирует, какие процедуры лечения лучше всего

подойдут пациентам, исходя из различных характеристик пациента и методов лечения. Большинство приложений точной медицины полагаются на контролируемое обучение, используя набор обучающих данных с известными результатами.

Самой сложной формой машинного обучения является модели глубокого обучения или нейронных сетей со многими уровнями переменных или функций для прогнозирования результатов. Распространенным применением глубокого обучения является распознавание потенциально раковых поражений на радиологических изображениях.

2. Обработка естественного языка (Natural Language Processing, далее - NLP) включает в себя такие приложения, как анализ текста, распознавание речи и так далее. Обычное использование NLP в здравоохранении включает создание и классификацию клинической документации и опубликованных исследований. Системы NLP могут анализировать неструктурированные клинические записи пациентов, давая невероятную информацию об улучшении методов, понимании качества и улучшении ухода за пациентами.

3. Роботизированная автоматизация процессов (Robotic Process Automation, далее – RPA) в здравоохранении использует технологии автоматизации для изучения, имитации и выполнения бизнес-процессов на основе правил. По сравнению с другими технологиями искусственного интеллекта в здравоохранении они недороги, просты в программировании и понятны в работе. В здравоохранении они помогают автоматизировать повторяющиеся задачи, такие как обновление записей пациентов или выставление счетов.

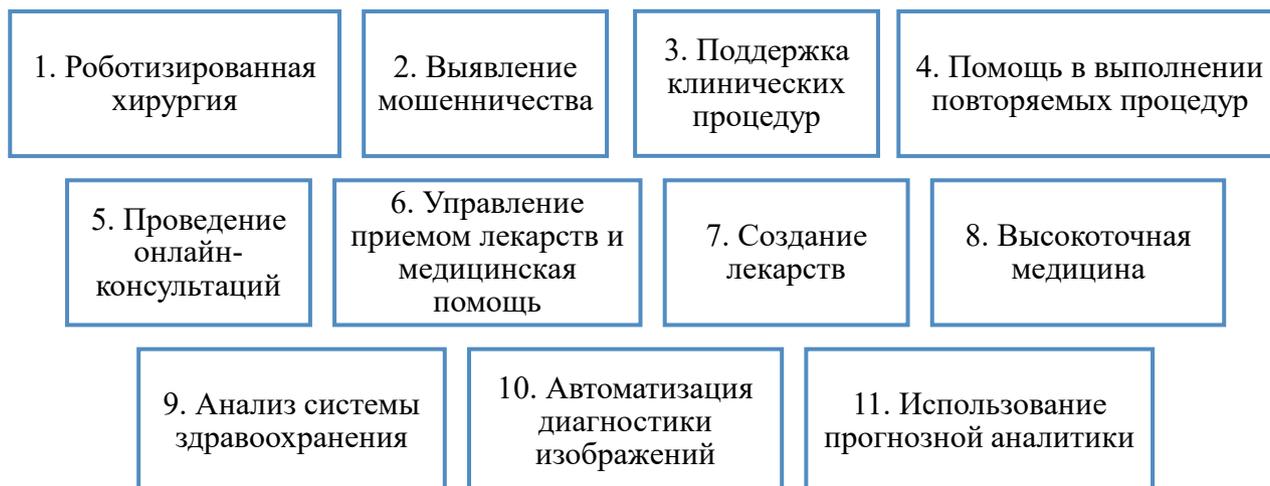
4. Экспертные системы, основанная на правилах, представляет собой простейшие формы искусственного интеллекта, использующие предписанные правила, основанные на знаниях, для решения проблем. Целью экспертной системы является получение знаний от человека-эксперта и преобразование их в несколько жестко запрограммированных правил для применения к входным данным.

В здравоохранении они широко используются в целях поддержки принятия клинических решений. Эти системы, основанные на правилах, работают хорошо до определенного момента, однако, когда число правил увеличивается, они начинают конфликтовать друг с другом и нарушать работу. Именно поэтому, в настоящее время, в здравоохранении их заменяют подходы, основанные на данных и алгоритмах машинного обучения.

ИИ в здравоохранении может принести огромную пользу поставщикам услуг и пациентам в различных областях деятельности, включая улучшение ухода за пациентами, управление хроническими заболеваниями, раннее выявление рисков, автоматизацию и оптимизацию рабочих процессов.

Рассмотрим более подробно возможности искусственного интеллекта, чтобы получить представление о том, как ИИ используется в здравоохранении и как эта технология изменила здравоохранение сейчас, а также способна еще

больше изменить отрасль в будущем (рис. 3).



**Рис. 3. Примеры использования ИИ в здравоохранении\***

*\*составлено автором*

### 1. Роботизированная хирургия.

Это одно из наиболее распространенных применений ИИ в здравоохранении. Искусственный интеллект и коллаборативные роботы произвели революцию в хирургических процедурах, снизив риски кровопотери, боли и других побочных эффектов. Кроме того, благодаря искусственному интеллекту в здравоохранении хирурги могут выполнять сложные операции с большей точностью, что приводит к более быстрому и плавному послеоперационному восстановлению пациентов.

Например, в России роботы с искусственным интеллектом четвертого поколения Da Vinci Xi, позволяют сшивать мелкие кровеносные сосуды, некоторые из которых не толще 0,03 миллиметра [4].

Используя искусственный интеллект в медицине и здравоохранении, хирурги могут получить доступ к информации и сведениям в режиме реального времени о текущем состоянии здоровья пациента. Эта информация, поддерживаемая искусственным интеллектом, позволяет медицинским работникам принимать быстрые и разумные решения до, во время, а также после процедур, чтобы обеспечить наилучшие результаты.

### 2. Обнаружение мошенничества.

Министерство юстиции США заявляет, что 3% медицинских исков в стране являются мошенническими. Это выливается в 100 миллиардов долларов убыток ежегодно. Благодаря здравоохранению на базе искусственного интеллекта специалисты могут обнаруживать недействительные претензии и ускорять обработку, утверждение и оплату действительных претензий. Помимо обнаружения мошенничества в сфере страхования, ИИ в здравоохранении также предотвращает кражу данных пациентов.

Ведущие поставщики медицинских услуг во всем мире приходят к осознанной необходимости использования искусственного интеллекта для

искоренения мошенничества в сфере здравоохранения [5]. Крупные медицинские центры занимаются внедрением и использованием системы обнаружения мошенничества на основе искусственного интеллекта для выявления претензий и обнаружения подозрительного поведения.

В России использование ИИ для обнаружения мошенничества пока не получило развитие в связи с иным соотношением объемов добровольного и обязательного медицинского страхования.

### 3. Поддержка клинических процедур.

ИИ и машинное обучение в здравоохранении меняют способы принятия решений поставщиками медицинских услуг. ИИ предоставляет данные, которые помогают медицинским работникам диагностировать, планировать лечение и управлять здоровьем. Технология также поддерживает решения в специальностях, требующих больших объемов данных, таких как офтальмология, радиология и патология. В ближайшем будущем это может даже сделать возможной автономное выполнение определенных задач с использованием ИИ. Благодаря обработке естественного языка ИИ также может помочь переводить клинические записи в электронные медицинские карты, что позволяет врачам вводить данные только один раз.

### 4. Помощь в выполнении повторяемых процедур.

Здравоохранение сейчас движется к миру когнитивных помощников, который обладает возможностями рассуждения, аналитики, и полный спектр медицинских знаний. Недавно выпущенный алгоритм Medical Sieve (медицинское сито) был признан квалифицированным для оказания помощи в принятии решений в области кардиологии и радиологии [6]. Помощник по когнитивному здоровью анализирует радиологические изображения, чтобы обнаружить проблемы быстрее и надежнее.

Medical Sieve — один из лучших примеров искусственного интеллекта в здравоохранении. Однако есть и другие примеры, такие как Enlitic [7], целью которого является сочетание глубокого обучения с медицинскими данными, чтобы помочь в расширенной диагностике и улучшить уход за пациентами.

Enlitic разработала алгоритм глубокого обучения, который может повысить точность интерпретации рентгенолога на 50-70% и делает это в 50 000 раз быстрее человека. Enlitic протестировала свою технологию на общедоступном наборе данных рентгеновских снимков грудной клетки и обнаружила узелки рака легких на 50% точнее, чем группа экспертов-рентгенологов. При оценке костей с помощью рентгеновских лучей инструмент глубокого обучения Enlitic может обнаруживать переломы размером всего 0,01% от общего рентгеновского изображения.

Enlitic пытается позиционировать свою технологию как нечто, что помогает рентгенологам, а не заменяет их. Очевидно, что подобные медицинские системы ИИ могут навсегда изменить конъюнктуру рынка в данной сфере. Например, медианная зарплата радиолога в США по состоянию на 27.11.2023 составляет 455190 долларов в год [8]. В США на 10 000 человек приходится один

радиолог, что соответствует примерно 31 800 врачам-рентгенологам в стране. Это означает, что на радиологов тратится более 14,4 млрд. долларов в год. По нашему мнению, именно эти виды сервисных работ по прогнозам, заменят глубокое обучение. Именно на этих \$14,4 млрд Enlitic планирует заработать, основываясь на бизнес-модели, которая зарабатывает деньги, разделяя часть реализованной экономии средств. По этой причине, рекомендовать радиологию в качестве варианта развития медицинской карьеры представляется нецелесообразным.

#### 5. Проведение онлайн-консультаций.

В России уже много лет частные медицинские организации предлагают медицинские онлайн-консультации специалистов с использованием возможностей мессенджеров, либо платформ сайтов, однако экспериментальный правовой режим по расширению возможностей дистанционного взаимодействия врача с пациентом с использованием телемедицинских технологий устанавливается лишь с 1 августа 2023 года в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 18 июля 2023 г. №1164. «В эксперименте примут участие 15 организаций, которые имеют соответствующую лицензию и необходимую IT-инфраструктуру. К ним относятся: СберЗдоровье, РЖД-Медицина и другие. Число участников эксперимента может быть увеличено. Пациенты этих клиник смогут получать консультации дистанционно при повторном обращении, выбирать лечащего врача (даже из другого подразделения этого же медицинского учреждения любого региона России). Также появится возможность корректировать или назначать лечение онлайн, в том числе выписывать рецепты на лекарственные препараты» [9].

Практика онлайн-консультаций уже много лет широко распространена за рубежом. Например, приложение Babylon — это реальный пример того, как приложения искусственного интеллекта в здравоохранении могут изменить и заменить традиционные консультации врачей [10]. Приложение предлагает онлайн-консультации и медицинские услуги, предоставляя лучшие советы искусственного интеллекта на основе истории болезни пациента и доступных знаниях.

Это приложение на основе искусственного интеллекта работает таким образом, что пользователям нужно только сообщать о симптомах своего заболевания, а затем приложение сверяет симптомы с базой данных заболеваний, используя метод распознавания речи. После этого, изучая историю пациента и обстоятельства, они предлагают курс действия, которые должен предпринять пациент.

Исследования подтверждают [11], что растущий спрос на приложения для здравоохранения, включающие технологию искусственного интеллекта, обусловлен тем, что значительная часть пользователей приложений мобильного здравоохранения готовы взаимодействовать с ИИ и робототехникой для удовлетворения их потребностей в консалтинге в сфере ИТ-здравоохранения.

Такая тенденция искусственного интеллекта подчеркивает растущую популярность и признание решений ИИ в здравоохранении.

#### 6. Управление приемом лекарств и медицинская помощь.

Авторитетный медицинский журнал «The Lancet» еще в 2019 году опубликовал статью где было показано, что в общей сложности в мире не хватает 6,4 миллиона врачей, 30,6 миллиона медсестер и акушерок, 3,3 миллиона стоматологов и 2,9 миллиона фармацевтов [12]. Прогнозы показывают, что к 2035 году эти цифры будут только возрастать.

В этой связи, использование медицинских приложений и чатботов, основанных на искусственном интеллекте способно снять лишнюю нагрузку с медицинских работников.

Почти 6 лет назад медицинский стартап Sense.ly разработал первую в мире цифровую медсестру Молли. Виртуальная медсестра имеет дружелюбное лицо и приятный голос, призванная следить за состоянием и лечением пациентов. Мобильное приложение использует машинное обучение для поддержки пациентов с хроническими заболеваниями в перерывах между визитами к врачу. Приложение обеспечивает проверенный, индивидуальный мониторинг и последующий уход, уделяя особое внимание хроническим заболеваниям. Присутствие, чтобы информировать пациентов, когда принимать лекарства, а затем контролировать, принимали ли они лекарства, преимущества ИИ в здравоохранении чрезвычайно ценны.

#### 7. Создание лекарств.

Создание фармацевтических препаратов с использованием клинических испытаний может занять более десяти лет и стоить миллиарды долларов. Использование ИИ в создании лекарств не только ускоряет этот процесс, но и делает его значительно более экономически эффективным.

Например, фармкомпании уже сейчас применяют технологии ИИ по поиску ключевой молекулы (drug discovery) и разработке лекарственного препарата. Например, с помощью инструментов обнаружения целей на базе искусственного интеллекта на платформе PandaOmics срок создания препарата для лечения фиброза лёгких был сокращён с 6 лет до 1 года [13].

В 2015 году компания Atomwise использовала свою технологию искусственного интеллекта (моделирование суперкомпьютерами терапии на основе баз данных молекулярных структур), с целью получения лекарства для лечения Вирус Эбола на основе существующих на рынке препаратов. Они нашли два варианта, которые могут помочь остановить эпидемию. Анализ, на который потребовались бы годы, был проведен за один день благодаря технологии искусственного интеллекта Atomwise.

#### 8. Высокоточная медицина.

ИИ в медицине оказывает большое влияние на геномику и генетику. Технология помогает выявлять закономерности в огромных наборах данных, содержащих медицинские записи и генетические данные, информацию, помогающую найти связи с болезнями и мутациями. Неудивительно, что ИИ

может рассказать врачам, что происходит в клетке, когда ДНК изменяется посредством генетических вариаций, терапевтическим или естественным путем.

#### 9. Анализ системы здравоохранения

Поскольку счета за медицинские услуги все чаще переходят в цифровые форматы, получение данных о враче, лечении и медицинском учреждении становится простым и доступным. После интеллектуального анализа данных больницы могут создавать отчеты об ошибках, которые они постоянно допускают при лечении определенного типа заболевания, чтобы помочь улучшить ситуацию и даже избежать ненужной госпитализации пациентов, если в этом нет необходимости.

#### 10. Автоматизация диагностики изображений

Одним из наиболее востребованных применений и преимуществ ИИ в здравоохранении являются возможности компьютерного зрения. Больницы и клиники используют ИИ для распознавания отклонений на различных видах медицинских изображений, таких как компьютерная томография или радиологические снимки. Распознавание изображений помогает врачам диагностировать опухоли, инфекции почек и печени, улучшать прогноз рака и многое другое. Выше были рассмотрены такие примеры.

#### 11. Использование прогнозной аналитики.

Мировой рынок прогнозной аналитики для здравоохранения растет и в 2022 году его рыночная стоимость составила 11,7 миллиарда долларов. Прогнозируется, что его среднегодовой темп прироста составит примерно 24,4% в период с 2023 по 2030 год. Беспрецедентное развитие вызвано острой необходимостью повышения эффективности и снижения стоимости предоставления медицинских услуг [14].

Прогнозная аналитика для здравоохранения очень важна, поскольку сегодня люди хотят доступных, успешных и персонализированных программ лечения. Используя этот подход, технологии ИИ помогают медицинским учреждениям разрабатывать индивидуальные методы лечения и эффективно удовлетворять растущий спрос.

Прогнозная аналитика в здравоохранении по существу использует расширенный анализ данных о прошлом состоянии здоровья пациента. Поиск полезных закономерностей и тенденций в этих данных, может помочь медицинским работникам точно прогнозировать будущие события и результаты. Используя сложные алгоритмы и методы ИИ, медицинские работники могут заранее выявлять возможные риски для здоровья, предвидеть возникновение заболеваний и предсказывать, как пациенты могут отреагировать на различные методы лечения.

Исследования подтверждают [15], что прогностическая аналитика данных пациентов, таких как истории болезни, подробности диагноза и результаты лечения методами ИИ, позволяет медицинским работникам разрабатывать меры вмешательства и планы лечения, специально учитывающие уникальные потребности каждого пациента.

Прогнозная аналитика в здравоохранении также способствует индивидуальному подходу, который не только улучшает результаты лечения пациентов, но и повышает эффективность оказания медицинской помощи.

Прогнозная аналитика предлагает медицинским работникам практический способ предвидеть возможные проблемы со здоровьем у пациентов с хроническими заболеваниями. Этот процесс позволяет оперативно принять соответствующие меры, предотвращая пагубные последствия.

Это также позволяет больницам и медицинским учреждениям более эффективно управлять своими ресурсами, например, путем прогнозирования количества госпитализаций пациентов, обеспечения оптимального использования коек и своевременной координации распределения персонала и медикаментов.

Кроме того, прогнозная аналитика имеет важное значение для повышения точности диагнозов. Это помогает выявить заболевания на более раннем этапе и помогает разработать конкретные профилактические стратегии.

Прогнозная аналитика помогает поставщикам медицинских услуг принимать решения не только на основе своего опыта, но и на основе фактических данных. Это приводит к улучшению ухода за пациентами, бесперебойной работе и более разумному использованию ресурсов.

Эти преимущества прогнозной аналитики в здравоохранении способствуют повышению качества медицинских услуг в целом. По мере того, как технологии становятся более сложными, а наши возможности анализировать данные улучшаются, прогнозная аналитика будет играть более важную роль в формировании будущего здравоохранения.

Прогнозная аналитика меняет позволяет улучшать результаты отрасли здравоохранения за счёт оптимального распределения ресурсов и способов получения медицинской помощи пациентами. Рассмотрим десять основных примеров прогнозной аналитики в сфере здравоохранения, которые приносят наибольшую пользу поставщикам медицинских услуг и пациентам (рис. 4).



**Рис. 4. Примеры прогнозной аналитики в сфере здравоохранения**

*\*составлено автором*

1. Предиктивная аналитика предотвращает повторную госпитализацию пациентов.

Повторная госпитализация — это проблема, напрямую влияющая на денежные затраты, которая обходится только Medicare (национальная программа медицинского страхования в США для лиц от 65 лет и старше) ежегодно в объеме более \$2 млрд долларов. Повторная госпитализация отмечена программой сокращения повторной госпитализации в рамках Medicare: 82% участвующих больниц были оштрафованы за повышенный уровень повторной госпитализации.

Прогнозная аналитика для здравоохранения помогает выявлять пациентов из группы риска, помогая проводить специализированное последующее наблюдение, которое может обеспечить соответствующие инструкции по выписке для предотвращения повторной госпитализации.

Отличным примером является проект интегрированной системой здравоохранения UnityPoint Health (США), где модели прогнозного анализа для здравоохранения оценивают показатели риска повторной госпитализации для каждого пациента. Правильно используя этот инструмент, старший врач смог предсказать и предотвратить повторную госпитализацию пациента в течение тридцати дней благодаря раннему лечению симптомов. В течение 18 месяцев после внедрения прогнозной аналитики UnityPoint Health удалось сократить число повторных госпитализаций по всем причинам на 40% [16].

Эти примеры демонстрируют влияние прогнозной аналитики в здравоохранении, позволяющей контролировать расходы на медицинское обслуживание, улучшать результаты здравоохранения и снижать нагрузку на ресурсы здравоохранения.

2. Прогнозная аналитика в здравоохранении повышает кибербезопасность.

Кибератаки на здравоохранение являются серьезной проблемой, о чем свидетельствуют многочисленные отчеты об утечке данных в сфере здравоохранения. Например, в отчете [17] показано, что в большинстве этих атак программ-вымогателей информация была украдена до шифрования.

Таким образом, прогнозная аналитика кибербезопасности становится все более обязательным решением для многих организаций здравоохранения. Эти организации будут оценивать транзакционные риски онлайн-транзакций, используя прогнозирующую модель и интегрируя ее с искусственным интеллектом. Например, система может разрешить пользователю войти в систему и обеспечить многофакторную аутентификацию или заблокировать процессы высокого риска. Более того, модели прогнозной аналитики для здравоохранения позволяют постоянно контролировать доступ к данным и обмен ими, оперативно выявляя любые нерегулярные тенденции, указывающие на возможные вторжения.

В области кибербезопасности прогнозная аналитика в здравоохранении функционирует в двух основных категориях, каждая из которых включает в себя различные подтипы:

- решения на основе уязвимостей (слабые места в системе здравоохранения называются общими уязвимостями и рисками воздействия);
- платформы, ориентированные на угрозы, предназначенные для раннего выявления угроз, которые могут подорвать безопасность системы.

### 3. Управление здоровьем населения.

Управление здоровьем населения является важной областью, в которой прогнозная аналитика здравоохранения играет решающую роль, охватывая два ключевых аспекта:

#### 3.1. Выявление хронических заболеваний.

С помощью прогнозной аналитики медицинские учреждения могут выявлять и лечить людей до того, как у них разовьются хронические заболевания. Таким образом, это аналитический подход, который оценивает пациентов по некоторым характеристикам, включая демографические данные, инвалидность, возраст и т. д., а также их прошлый опыт ухода.

#### 3.2. Выявление вспышек заболеваний.

Прогнозная аналитика показала свою силу в диагностике вспышек заболеваний, таких как COVID-19. BlueDot — канадская компания, которая использовала прогнозную аналитику для оповещения о необычных случаях пневмонии в Ухане 30 декабря 2019 года, до официального объявления ВОЗ о COVID-19. Кроме того, Центр медицинских наук Техасского университета в Хьюстоне (UTHealth) разработал инструмент прогнозного анализа для отслеживания COVID-19, включающий полную информационную панель общественного здравоохранения, которая отображает текущие и прогнозируемые тенденции распространения пандемии.

### 4. Упрощение подачи страховых претензий.

Еще одна область, в которой прогнозная аналитика может оказаться очень полезной в здравоохранении — ускорение подачи заявлений на страховые выплаты. С помощью этих инструментов больницы могут не только ускорить процесс рассмотрения страховых претензий, но и сократить количество ошибок.

### 5. Анализ требований к техническому обслуживанию оборудования.

Хотя предыдущие примеры в основном подчеркивали, как прогнозная аналитика используется в клинических условиях, важно отметить, что ее преимущества в здравоохранении также распространяются на улучшение операций.

Прогнозная аналитика используется во многих областях, например, в авиации, где она помогает предвидеть потребности в техническом обслуживании до того, как они вызовут проблемы. Изучая данные из различных частей самолета, технические специалисты могут заменить механические детали до того, как они выйдут из строя. Аналогичным образом, подобная стратегия прогнозирования может принести пользу и здравоохранению.

Например, некоторые части медицинского оборудования, такие как МРТ-сканеры, со временем постепенно изнашиваются из-за регулярного использования. Если организации здравоохранения смогут достоверно предсказать, когда эти детали могут нуждаться в замене, больницы смогут планировать техническое обслуживание в то время, когда они наименее загружены. Таким образом, возможные сбои в работе как медицинских работников, так и пациентов сводятся к минимуму.

Прогнозная аналитика помогает оптимизировать процесс, позволяя активно отслеживать и анализировать технические данные с датчиков МРТ-сканера удаленно. Это позволяет обнаруживать возможные технические проблемы на ранней стадии и дает возможность оперативно устранить их путем замены или ремонта. В будущем больницы смогут представить себе ситуацию, когда каждое медицинское устройство и часть оборудования будет иметь подробного цифрового двойника, который постоянно обновляется текущими данными. Это поможет спрогнозировать будущие требования к использованию и обслуживанию.

6. Предотвращение ухудшения состояния пациентов в отделениях интенсивной терапии и больницах общего профиля.

Как в отделениях интенсивной терапии, так и в палатах больниц общего профиля крайне важно, чтобы врачи и медсестры быстро обнаруживали любое ухудшение здоровья пациента. Это особенно верно, когда немедленные действия могут означать разницу между жизнью и смертью. Еще до пандемии COVID-19 с такой проблемой сталкивались большинство медицинских организаций. Отделения интенсивной терапии в большинстве стран, включая Россию, уже были перегружены из-за старения населения, сложных хирургических операций и нехватки специалистов по интенсивной терапии. Таким образом, пандемии, аналогичные COVID-19, могут значительно усугубить эту ситуацию, из чего следует, что сфера здравоохранения остро нуждается в технологической поддержке для принятия быстрых и обоснованных решений.

Постоянное наблюдение за жизненными показателями пациента может помочь прогностическому программному обеспечению определить тех, кому может потребоваться помощь в течение следующего часа. Это позволяет лицам, осуществляющим уход, вмешаться при самых ранних признаках ухудшения здоровья. Этим обусловлена высокая роль прогнозной аналитики в здравоохранении для оценки риска смерти пациента или необходимости его повторной госпитализации после выхода из отделения интенсивной терапии. Эти знания помогают лицам, осуществляющим уход, принимать обоснованные решения относительно выписки пациентов.

Уже сейчас алгоритмы прогнозирования используются в отделениях интенсивной терапии, позволяя реаниматологам и медсестрам блока интенсивной терапии осуществлять контроль пациентов удаленно.

Прогнозная аналитика помогает выявить самые ранние признаки того, что пациенты начинают плохо себя чувствовать в палатах общего профиля, где такие

признаки могут оставаться незамеченными в течение довольно долгого времени. Согласно отчету Philips [18], автоматизированные системы раннего оповещения быстро заставляют группы быстрого реагирования реагировать, что привело к значительному снижению числа негативных инцидентов на 35 % и сердечных приступов в больницах на 86 %.

Носимые биосенсоры, которые можно прикрепить к груди пациента, значительно улучшили возможности медицинских работников выявлять ранние признаки ухудшения состояния пациентов. Они особенно полезны для пациентов, которые перемещаются по различным местам лечения в больнице.

Эти биосенсоры постоянно собирают и отправляют важную информацию о состоянии здоровья, такую как сердцебиение и частота дыхания. Они также отслеживают контекстуальные факторы, такие как положение тела и уровень активности пациента. Преимущество этих устройств заключается в том, что они позволяют осуществлять удаленный мониторинг, уменьшая необходимость в периодических личных проверках здоровья, снижая медицинские издержки.

#### 7. Прогнозирование попыток самоубийства.

Самоубийство является важной проблемой общественного здравоохранения во всем мире, где оно входит в десятку ведущих причин смерти. По данным статистической комиссии ООН [19], в 2019 году во всем мире произошло более 700 000 смертей от самоубийств (более 9 человек на 100 000 человек населения). Чтобы решить эту насущную проблему, исследовательская группа VUMC создала модель прогнозной аналитики [20]. Это модель, которая использует электронные медицинские карты людей для прогнозирования возможности попыток самоубийства у отдельных пациентов.

В течение 11 месяцев в VUMC алгоритм прогнозирования работал в фоновом режиме, пока врачи сосредоточивались на своих пациентах. Система смогла предсказать, какие пациенты должны обратиться за медицинской помощью для предотвращения совершения самоубийства, информируя медицинских работников.

#### 8. Улучшение взаимодействия с пациентами

С помощью прогнозной аналитики можно заранее выявить несоблюдение пациентом режима лечения и принять активные меры для сохранения здоровья пациентов до следующего приема или лечения.

Поставщики медицинских услуг используют прогнозную аналитику в здравоохранении для разработки профилей пациентов, которые включают в себя специально целевые коммуникации и методы, которые помогают улучшить отношения с пациентами.

#### 9. Минимизация пропущенных встреч.

Исследования, проведенные за рубежом, показывают, что пропущенные приемы у врача и другие трудоемкие административные действия обходятся системе здравоохранения в миллиарды долларов. Например, в США эта цифра составляет примерно в \$150 млрд долларов в год [21]. Таким образом, прогнозная аналитика обеспечивает возможность предупредить больницы и клиники, в

которых высока вероятность того, что пациенты не придут на прием, тем самым сокращая потери доходов и повышая удовлетворенность поставщиков услуг, одновременно улучшая здоровье пациентов.

Исследователи из Университета Дьюка создали инструмент прогнозного моделирования, который анализирует электронные записи пациентов на предмет потенциальных неявок [22]. Программное обеспечение выявило 4819 случаев неявок в системе здравоохранения Дьюка. Исследователи подчеркнули необходимость обучения алгоритма с использованием местных клинических данных, что дало бы более высокие результаты, чем обучение только поставщиков.

#### 10. Обнаружение ранних признаков сепсиса.

Сепсис – смертельно опасное состояние, развивающееся в организме в результате быстро развивающейся инфекции. Таким образом, прогнозная аналитика может сыграть ключевую роль в раннем выявлении и вмешательстве. Алгоритмы прогнозирования помогают определять пациентов, у которых наиболее вероятно развитие сепсиса, путем постоянного мониторинга показателей жизнедеятельности пациентов и других жизненно важных данных.

Например, в системе здравоохранения Пенсильванского университета для выявления потенциальных пациентов с сепсисом использовался инструмент прогнозного анализа [23]. Инструмент использовал данные пациентов, такие как показатели жизнедеятельности, результаты лабораторных исследований и оценку медсестер, для прогнозирования возможности сепсиса. Благодаря этой технологии больница смогла снизить раннюю и эффективную смертность от сепсиса.

#### Проблемы искусственного интеллекта в здравоохранении.

С постоянно развивающимся применением ИИ в здравоохранении также возникает ряд проблем, которые необходимо эффективно решать. Эти проблемы варьируются от проблем с качеством данных до проблем безопасности, что затрудняет использование всего потенциала решений искусственного интеллекта в здравоохранении. Рассмотрим самые очевидные из них.

1. Одним из самых больших препятствий на пути использования тенденций ИИ в здравоохранении является то, что их обучение требует огромных затрат данных из нескольких источников, включая электронные медицинские карты, записи из аптек и т. д. Поскольку данные фрагментированы и пациенты часто консультируются с разными поставщиками медицинских услуг, данные становятся сложным и менее понятным, что приводит к ошибкам и увеличению затрат.

2. Еще одна ключевая проблема использования ИИ в здравоохранении – это необходимость наличия и использования надежных мер безопасности для защиты конфиденциальных данных. С проблемами утечки персональных данных в области здравоохранения сталкиваются как зарубежные, так и отечественные компании. Так в октябре 2023 года сайт частной биотехнологической компании 23andMe (США, Маунтин-Вью, Калифорния)

подтвердил утечку 5,5 млн. учётных данных генетических профилей самых богатых людей, живущих в Западной Европе и США [24]. В России база данных клиентов медицинской лаборатории «Гемотест», об утечке которой стало известно в мае 2022 года, содержала более 30 млн строк с персональными данными и 554 млн строк заказов с данными: ФИО, год рождения, дата и т.д. Согласно постановлению суда от 08.07.2022 компания была оштрафована на 60 тыс. рублей за утечку 300 ГБ данных с персональной информацией миллионов клиентов [25].

Исходя из вышеизложенного, при использовании методов ИИ в здравоохранении медицинским организациям необходимо усилить информационную безопасность для защиты данных клиентов.

3. Существуют случаи, когда системы искусственного интеллекта могут ошибаться при обнаружении потенциальных рисков или разработке эффективных планов лечения. Например, если система на основе искусственного интеллекта предложит пациенту неправильное лекарство или допустит ошибку при обнаружении опухоли при радиологическом сканировании, это может привести к травме пациента, тяжелым последствиям для здоровья и даже смерти.

Перспективы дальнейшего применения искусственного интеллекта в здравоохранении.

Искусственный интеллект уже произвел революцию в отрасли здравоохранения, переосмысливая медицинскую практику, опыт пациентов и фармацевтические операции. Медицинские подразделения используют генеративный искусственный интеллект в здравоохранении для прогнозирования всего: от разработки лекарственных препаратов и эффективных планов лечения, до прогнозирования объемов отделений неотложной помощи.

Дальнейшее использование электронных медицинских данных может помочь выявить пациентов из группы риска и выявить закономерности заражения до того, как у них проявятся симптомы. Используя искусственный интеллект в здравоохранении, эти аналитические возможности могут предоставлять быстрые и точные оповещения поставщикам медицинских услуг. ИИ также может заранее предупреждать о таких состояниях, как судороги или сепсис, которые обычно требуют интенсивного анализа очень сложных наборов данных.

Оценка рисков, поддержка принятия клинических решений и раннее оповещение — вот некоторые из основных областей развития использования технологий искусственного интеллекта в здравоохранении, позволяющих повысить эффективность в уходе за пациентами.

### ***Заключение***

Инструменты искусственного интеллекта в здравоохранении быстро проникают в отрасль, получая широкое распространение. Они позволяют повысить эффективность медицинской деятельности, улучшить уход за пациентами, оптимизировать операции и снизить постоянно растущую нагрузку

на системы здравоохранения. Эффективное использование искусственного интеллекта в здравоохранении позволит оптимизировать интеллектуальные и клинические процессы, сделав медицинскую практику более эффективной и персонализированной.

Проведённое исследование показывает, что широкое внедрение технологий искусственного интеллекта стимулирует различные отрасли, включая систему здравоохранения и экономику в целом.

Особое внимание необходимо уделить контролю за развитием систем поддержки принятия медицинских решений и информационной безопасности отрасли.

### Список использованных источников:

1. Artificial intelligence (AI) market size worldwide in 2021 with a forecast until 2030 <https://www.statista.com/statistics/1365145/artificial-intelligence-market-size/> (дата обращения 07.12.2023)
2. Альманах «Искусственный интеллект», Выпуск №12 [https://aireport.ru/ai\\_index\\_russia-2022](https://aireport.ru/ai_index_russia-2022) (дата обращения 07.12.2023)
3. Artificial intelligence (AI) in healthcare market size worldwide from 2021 to 2030 <https://www.statista.com/statistics/1334826/ai-in-healthcare-market-size-worldwide/> (дата обращения 07.12.2023)
4. Где выполнили больше всего роботических операций в России в 2022? Итоги года <https://robot-davinci.ru/materialy/roboticheskaya-hirurgiya-v-rossii-itogi-za-2022-god/> (дата обращения 08.12.2023)
5. Обнаружение и анализ мошенничества в сфере здравоохранения с использованием машинного обучения <https://skine.ru/articles/533691/> (дата обращения 07.12.2023)
6. Medical sieve: A cognitive assistant for radiologists and cardiologists [https://www.researchgate.net/publication/302072684\\_Medical\\_sieve\\_A\\_cognitive\\_assistant\\_for\\_radiologists\\_and\\_cardiologists](https://www.researchgate.net/publication/302072684_Medical_sieve_A_cognitive_assistant_for_radiologists_and_cardiologists) (дата обращения 10.12.2023)
7. Enlitic: Deep Learning Algorithms for Medical Imaging <https://www.nanalyze.com/2016/02/enlitic-deep-learning-algorithms-for-medical-imaging/> (дата обращения 11.12.2023)
8. Radiologist Salary in the United States <https://www.salary.com/research/salary/alternate/radiologist-salary> (дата обращения 07.12.2023)
9. С 1 августа 2023 года частные медицинские организации смогут консультировать пациентов онлайн <https://www.garant.ru/news/1636881/> (дата обращения 07.12.2023)
10. Revolutionising healthcare by empowering doctors with artificial intelligence <https://www.babylonhealth.com/en-us/ai> (дата обращения 08.12.2023)

11. Consumers ready to embrace AI and robots for their healthcare needs <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/docs/consumers-ready-to-embrace-ai-and-robots-for-their-healthcare-needs.pdf> (дата обращения 09.12.2023)

12. Measuring the availability of human resources for health and its relationship to universal health coverage for 204 countries and territories from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(22\)00532-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(22)00532-3/fulltext) (дата обращения 07.12.2023)

13. From Start to Phase 1 in 30 Months: AI-discovered and AI-designed Anti-fibrotic Drug Enters Phase I Clinical Trial <https://insilico.com/phase1> (дата обращения 07.12.2023)

14. Healthcare Predictive Analytics Market Size, Share & Trends Analysis Report By End-use (Payers, Providers), By Application (Clinical, Financial Management), By Region (Europe, North America, Asia Pacific), And Segment Forecasts, 2023 - 2030 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/healthcare-predictive-analytics-market> (дата обращения 07.12.2023)

15. Applications of Predictive Analytics in Healthcare <https://www.unite.ai/applications-of-predictive-analytics-in-healthcare/> (дата обращения 11.12.2023)

16. About UnityPoint Health <https://www.unitypoint.org/about-unitypoint-health> (дата обращения 10.12.2023)

17. April 2021 Healthcare Data Breach Report <https://www.hipaajournal.com/april-2021-healthcare-data-breach-report/> (дата обращения 07.12.2023)

18. Early Warning Score reduces incidence of serious events in general ward <https://www.philips.co.uk/healthcare/nobounds/ysbyty-gwynedd> (дата обращения 08.12.2023)

19. Indicator 3.4.2: Suicide mortality rate. <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-03-04-02.pdf> (дата обращения 07.12.2023)

20. VUMC Researchers Using AI to Predict Suicide Risk <https://www.hcinnovationgroup.com/analytics-ai/news/21122275/vumc-researchers-using-ai-to-predict-suicide-risk> (дата обращения 07.12.2023)

21. Missed Appointments, Missed Opportunities: Tackling The Patient No-Show Problem <https://www.forbes.com/sites/kellyphillipsrb/2023/12/09/how-to-beat-high-interest-rates-by-borrowing-from-the-bank-of-grandma/?sh=72db2de74657> (дата обращения 07.12.2023)

22. Duke Researchers Develop Prediction Model to Identify Children With Complex Health Needs At Risk for Hospitalization <https://aihealth.duke.edu/2023/05/11/duke-researchers-develop-prediction-model-to->

identify-children-with-complex-health-needs-at-risk-for-hospitalization/ (дата обращения 12.12.2023)

23. Epic Sepsis Model Inpatient Predictive Analytic Tool: A Validation Study [https://www.researchgate.net/publication/372038183\\_Epic\\_Sepsis\\_Model\\_Inpatient\\_Predictive\\_Analytic\\_Tool\\_A\\_Validation\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/372038183_Epic_Sepsis_Model_Inpatient_Predictive_Analytic_Tool_A_Validation_Study) (дата обращения 07.12.2023)

24. Addressing Data Security Concerns <https://blog.23andme.com/articles/addressing-data-security-concerns> (дата обращения 10.12.2023)

25. Постановление суда в отношении ООО «Гемотест» <https://mos-sud.ru/287/cases/docs/content/ed16638f-04e1-404a-b395-66135fefdd8f> (дата обращения 11.12.2023)

#### Сведения об авторе / Information about the author:

*Левчegov Олег Николаевич – доцент кафедры «Учёт и информационные технологии в бизнесе» Липецкого филиала ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», к.э.н., доцент. E-mail: levchegov.oleg@yandex.ru / Levchegov Oleg Nikolaevich – Associate Professor of the Department of Accounting and Information Technologies in Business at the Lipetsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, PhD, Associate Professor. E-mail: levchegov.oleg@yandex.ru*

Дата поступления статьи: 08.12.2023

Принято решение о публикации: 20.12.2023

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.  
Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.