

# ВОЗМОЖНОСТИ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ (ОБЗОР)

DOI: 10.17691/stm2019.11.4.21

УДК 004.051:004.891.5:614.2:616–71

Поступила 22.04.2018 г.

© **А.А. Литвин**, д.м.н., профессор кафедры хирургических дисциплин<sup>1</sup>;  
**С.В. Корнев**, д.м.н., профессор, директор Медицинского института<sup>1</sup>;  
**Е.Г. Князева**, ведущий менеджер основных образовательных программ Медицинского института<sup>1</sup>;  
**V. Litvin**, Developer's Board Member<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Балтийский федеральный университет им. И. Канта, ул. А. Невского, 14, Калининград, 236016;<sup>2</sup>Cyber-Congress, 600 Travis St., Suite 6160, Houston, Texas, 77002, USA

Приводится краткое описание блокчейн-технологии, представляющей собой инструмент для хранения и передачи данных. Показаны современные направления ее развития. Описаны известные на сегодняшний день особенности и преимущества использования блокчейн-технологии в медицине. Проанализированы возможности и перспективы применения блокчейна для решения некоторых задач в здравоохранении. Рассмотрены недостатки и проблемы, возникающие при использовании этой технологии в здравоохранении.

Авторы резюмируют, что большинство проектов по применению блокчейна в медицине находятся в данный момент на стадии разработки. Вместе с тем на сегодняшний день уже реализовано достаточно много проектов, появились медицинские приложения на блокчейне. Междисциплинарный подход и сотрудничество врачей с блокчейн-специалистами даст возможность медицине по максимуму использовать бурно растущие цифровые технологии.

**Ключевые слова:** блокчейн; блокчейн-технология; блокчейн в медицине; информационные технологии в здравоохранении.

**Как цитировать:** Litvin A.A., Korenev S.V., Knyazeva E.G., Litvin V. The possibilities of blockchain technology in medicine (Review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(4): 191–199, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.4.21>

## English

## The Possibilities of Blockchain Technology in Medicine (Review)

**A.A. Litvin**, MD, DSc, Professor, Department of Surgical Disciplines<sup>1</sup>;  
**S.V. Korenev**, MD, DSc, Professor, Director of Medical Institute<sup>1</sup>;  
**E.G. Knyazeva**, Leading Manager of the Main Educational Programs, Medical Institute<sup>1</sup>;  
**V. Litvin**, Developer's Board Member<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Immanuel Kant Baltic Federal University, 14 A. Nevsky St., Kaliningrad, 236016, Russia;<sup>2</sup>Cyber-Congress, 600 Travis St., Suite 6160, Houston, Texas, 77002, USA

A blockchain technology representing a tool for data storage and transmission is briefly described in this review. Current trends of its development are also shown as well as currently known specific features and advantages of using the blockchain technology in medicine. The possibilities and prospects of applying the blockchain for solving some tasks in healthcare are analyzed. In addition, shortcomings and problems associated with the employment of this technology in medicine are also highlighted.

Though the majority of the projects for using the blockchain in medicine are now being only developed, a sufficient number of them have already been realized, there have appeared applications in blockchain. An interdisciplinary approach and collaboration of physicians with blockchain specialists will provide the opportunity to use the rapidly evolving digital technologies in the field of medicine.

**Key words:** blockchain; blockchain technology; blockchain in medicine; information technologies in healthcare.

## Введение

Впервые о применении блокчейн-технологии (БТ) стало известно благодаря разработке в 2009 г. криптовалюты биткоин программистом под псевдонимом

Сатоши Накамото [1]. Во многом успеху биткоина поспособствовал финансовый кризис 2008 г. Население потеряло доверие к банковским и контролируемым финансовым организациям. Биткоин предлагал независимость от государственного или какого-либо другого

**Для контактов:** Литвин Андрей Антонович, e-mail: [alitvin@kantiana.ru](mailto:alitvin@kantiana.ru)

централизованного воздействия. Данное свойство достигалось за счет использования технологии блокчейна (blockchain) [2].

Блокчейн-технология постепенно меняет мир также, как еще относительно недавно это сделал Интернет. Интерес к ней возрастает с каждым днем, и существует мнение, что в ближайшее время все индустрии на планете будут вынуждены пользоваться технологиями, связанными с блокчейном [3]. БТ называют «Интернетом будущего», прогнозируя ее фундаментальную роль в преобразовании Интернета из технологии обмена информацией (the internet of information sharing) в Интернет обмена значимостью (the internet of value exchange) [4].

В настоящее время БТ рассматривается как часть четвертой промышленной революции, которая включает изобретение парового двигателя, открытие электричества и разработку информационных технологий [5]. Благодаря таким свойствам, как неизменность, прозрачность и надежность всех выполняемых в блокчейне операций, эта инновационная технология имеет много потенциальных возможностей использования [6, 7]. Она позволила создавать децентрализованные распределенные публичные информационные системы, где консенсус о состоянии распределенного реестра достигается за счет встроенных в данные системы экономических стимулов. Наибольшее распространение БТ получила в финансовой сфере [1, 3, 8–11], торговле [12–19], имеются сообщения об успешном внедрении технологии в системе образования [20–26], децентрализованном облачном хранении данных [27–29], в системах электронного голосования [30–32] и защиты интеллектуальной собственности [33–35] и др.

В данном обзоре рассмотрены возможности использования БТ в медицине.

Поиск литературы был проведен по следующим онлайн-базам данных: PubMed с использованием строки поиска «blockchain» [all fields] и «health» [MeSH Terms] или «health» [all fields]; eLibrary по ключевым словам «блокчейн» и «медицина». Дата поиска — с апреля 2018 по октябрь 2019 г. Полученные публикации затем рассматривали на основе определенных критериев включения и исключения. Были включены все опубликованные в медицинских журналах работы по проблеме применения БТ в медицине и здравоохранении. Кроме того, использованы материалы по блокчейн-технологии, находящиеся в доступе на Google Scholar и ResearchGate.

### Основные термины блокчейна

Согласно Википедии, блокчейн (англ. *blockchain*, или изначально *block chain*) — выстроенная по определенным правилам непрерывная последовательная цепочка блоков (связный список), содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга

[36]. Более понятным представляется определение, исходящее из изначального назначения технологии блокчейна [6]. Изначально блокчейн был спроектирован в рамках решения вполне конкретной задачи, а именно построения децентрализованной (без единого центра управления) финансовой системы, корректность работы которой может проверить любой ее участник. Исходя из этого можно определить блокчейн как способ хранения и согласования базы данных, копия которой есть у каждого участника сети. При этом соблюдаются следующие условия: 1) количество участников неизвестно; 2) участники анонимны; 3) участники часто не доверяют друг другу; 4) каждая транзакция должна быть утверждена большинством [37].

Изначально название «блокчейн» произошло от способа хранения информации в системе «Биткоин». Все транзакции с биткоином хранятся в сгруппированном виде (группы транзакций называют блоками). Причем каждый последующий блок содержит в себе хеш-ссылку (цифровой отпечаток) предыдущего. Таким образом и получается цепочка блоков (block chain) — неразрывно связанных между собой наборов транзакций, где каждый новый связан со старыми и старые не могут быть изменены без изменения новых. По сути, блоки можно сравнить со страницами в блокноте, где каждая запись имеет свой порядковый номер. Когда одна страница заканчивается, нумерация продолжается на следующей. Так можно проверить связность всех записей — от последней до первой [37].

Ключевая особенность системы учета транзакций БТ заключается в том, что она функционирует как независимая система. У нее нет центра влияния, не существует организации или человека, который бы ею управлял. Система полностью прозрачна и работает по принципам бизнес-логики, определенной в рамках протокола. Вся история транзакций доступна каждому, но при этом не может быть изменена без достижения консенсуса. Это обусловлено связанностью блоков: если изменить запись в одном, то связанность всех последующих нарушится. Современные криптографические алгоритмы гарантируют невозможность обхода этих правил [37]. Технологический прорыв БТ заключается именно в том, что найден математически доказуемый способ создать систему, которая работает в таких условиях. Поэтому данная технология идеально подходит для случаев, в которых участники принципиально не могут доверять друг другу на 100%, но работают над учетом одних и тех же данных [8].

В настоящее время в понимание БТ вкладывается разный смысл. Биткоин-энтузиасты имеют в виду «биткоин-блокчейн» — базу данных, структуру, которая хранит записи о транзакциях с биткоином [38–40]. Те, кто работал в финансовой сфере, говорят о блокчейне как о революционной технологии, способной изменить финансовый мир [12, 19, 41–43]. Остальные оценивают возможности реализации БТ в разрезе конкретной области применения: торговли [44–46], обра-

зования [24–26, 47], здравоохранения [12, 48–54] или в рамках конкретных задач: Интернет вещей [55], фондовые биржи и краудфандинг [3], платежные переводы [56], управление цепями поставок [57], договорной сектор [58] и др.

Блокчейны делятся на: 1) публичный/приватный; 2) permissioned (требуется разрешение)/permissionless (без разрешения); 3) по механизму достижения консенсуса [12, 14, 59, 60]. Публичный блокчейн — кто угодно может иметь доступ к транзакциям и проводить аудит, приватный — только у заранее определенных сторон есть такие права. Permissionless (без разрешения) — кто угодно может стать валидатором (майнером, участником проверки) и создавать новые блоки, permissioned (требуется разрешение) — только специально назначенные стороны могут верифицировать транзакции и формировать блоки.

Консенсус-протокол представляет собой процесс, посредством которого сеть компьютеров может прийти к однозначному решению, основной целью которого является уменьшение риска создания альтернативного блокчейна, закрытие сети или цензуры некоторых пользователей.

Консенсус «proof-of-work» (доказательство работы): 1) количество участников неизвестно; 2) участники анонимны и не имеют репутации; 3) голос подкрепляется доказательством работы; 4) консенсус достигнут, если стороны, которые контролируют большинство мощности, пришли к согласию.

Консенсус «proof-of-stake» (доказательство ставки): 1) создатель блока определяется алгоритмом; 2) шанс проголосовать пропорционален балансу; 3) участник теряет свои ставки, если подтверждает неправильные или конфликтующие блоки; 4) консенсус достигается, если владельцы большинства ставок согласовали состояние базы данных.

Консенсус BFT (the byzantine fault tolerance — византийская ошибка): 1) количество участников заранее известно; 2) участники идентифицированы и знают друг друга; 3) добавление или удаление участника требует согласия остальных.

Консенсус FBA (federated byzantine agreement — византийское соглашение): 1) участники равны, не анонимны, количество не фиксировано; 2) участники выбирают только тех, кому они доверяют; 3) участники образуют группы, в которых достигают консенсуса; 4) поскольку группы пересекаются, консенсус достигается среди всех участников [61–63]. Последние два консенсуса в основном используются для разработки медицинских приложений [64].

В книге М. Свона [3] показано, что в развитии блокчейн-приложений можно выделить три этапа: Blockchain 1.0 — использование криптовалют как денежных средств в платежных системах; Blockchain 2.0 — использование технологии в виде разнообразных приложений (акций, облигаций, кредитов, смарт-контрактов и т.д.); Blockchain 3.0 применяется в блокчейн-приложениях в области государст-

венного управления, здравоохранения, образования, науки, культуры и искусства.

Существуют и более сложные классификации БТ. Например, П. Дуров [65] рассматривает следующие критерии классификации:

- 1) архитектура с одноблочной или многоблочной цепью;
- 2) алгоритм консенсуса;
- 3) тип и правила блочных цепочек элементов: однородные, гетерогенные;
- 4) отсутствие или наличие основной цепочки, внутренней или внешней;
- 5) взаимодействие между блочными цепочками: слабосвязанные или плотно соединенные.

Особое место в БТ занимают ethereum и смарт-контракты [66]. Ethereum (эфириум, от англ. *ether* — «эфир») — платформа для создания децентрализованных онлайн-сервисов на базе блокчейна, работающих на основе умных контрактов. Ethereum был создан для выполнения программного кода любого децентрализованного приложения. В отличие от биткойна он предоставляет разработчику более широкий набор доступных операций и позволяет создавать любые программы. В итоге в Ethereum возможна реализация тысяч совершенно новых приложений [67].

Смарт-контракт, или умный контракт, — это название компьютерного кода, созданного для организации обмена деньгами, контентом, имуществом, акциями или какой-либо иной ценностью. При запуске в блокчейн-сети умный контракт превращается в компьютерную программу, автоматически исполняемую при определенных условиях. Поскольку умный контракт выполняется поверх блокчейна, он работает в точности, как запрограммировано: здесь невозможна цензура, простой, мошенничество или вмешательство третьей стороны [66, 67].

## Блокчейн в медицине

В ходе первоначального поиска статей по изучаемой теме были идентифицированы 83 работы в базе данных PubMed и 75 публикаций — в базе данных eLibrary. Выявлено большое число сообщений в Интернете: 50 публикаций оказались полнотекстовыми журнальными статьями. Следует отметить, что ежедневно появляются новые работы, сообщения об организации стартапов, о формировании исследовательских команд для изучения возможностей использования БТ в медицине. Разнообразие блокчейн-проектов в области медицины на сегодняшний день как раз и указывает на то, какое множество команд по всему миру пытаются улучшить определенные аспекты этой технологии [68].

В настоящий момент основным местом приложения БТ в медицине являются электронные медицинские карты (ЭМК). Разрабатываемая в России система хранения ЭМК будет устроена по принципу блокчейна. Она будет деперсонализирована, что позволит

сохранить данные в полной безопасности. Ключ будет индивидуализирован. Предполагается, что пациент сам будет определять, с кем ему делиться медицинской информацией. Это будет сопрягаться с выбором медицинской организации и лечащего врача [69].

В мире разработку технологии хранения и доступа к медицинским записям пациентов ведут несколько компаний [70–84]. Проект стартапа Medicalchain предлагает свое решение для оцифровки и безопасного хранения медицинских карточек в блокчейн-реестре. По замыслу создателей, такая система позволит докторам, клиникам, лабораториям и страховым компаниям иметь доступ к единой актуальной версии медицинской карточки, исключая возможность потери или умышленной модификации данных пациента [70].

Похожее решение предлагает блокчейн-стартап BurstIQ, разрабатывающий единую децентрализованную систему для обработки, хранения и передачи данных о состоянии здоровья пользователей и связанных с ним процедур. Помимо предложения схожих с Medicalchain услуг ведения индивидуальных медицинских карточек платформа BurstIQ позволяет работать с большими массивами данных, что представляет особую ценность для страховых компаний и исследований в области медицины [71]. Аналогичную цель по интеграции персональных учетных записей, а также всей медицинской информации преследует модель OmniPHR [72].

Компания Guardtime на основе БТ создала систему идентификации личности пациента. Все пользователи технологии получили смарт-карты, которые связаны с данными ЭМК. Любому обновлению в ЭМК при обращении в медучреждение присваивается хэш и данные регистрируются в блокчейне. Такой подход гарантирует, что изменения записей в ЭМК являются безопасными и проверяемыми [73].

Платформа MedRec предлагает децентрализованный подход к управлению разрешениями, авторизацией и совместным использованием данных в системе здравоохранения. Технология блокчейна в этом приложении предназначена для автоматизированного подхода к совместному использованию данных в клинических исследованиях. Авторы концепции декларируют, что исследования в области биомедицины могут значительно выиграть от применения блокчейна как быстрого и безопасного способа доступа к данным исследований [74].

Компания DeerMind, которая специализируется на вопросах искусственного интеллекта, разрабатывает на базе БТ реестр медицинских данных пациентов британских больниц. Специфика реестра заключается в том, что создаваемой системой будут управляться медицинские учреждения, а также эксперты по работе с данными. При помощи инструментов криптографии система будет регистрировать любое взаимодействие с данными пациента. Это позволит просмотреть всю информацию о вносимых в реестр правках, а также о тех, кто получал доступ к данным пациентов [75].

Dos.ai — отечественный стартап, который объединил в себе две наиболее популярные ИТ-темы: технологии искусственного интеллекта и БТ в виде криптовалюты. Dos.ai планирует определять физиологическое состояние пациентов по запросу. Диалоговая система будет «общаться» с пациентом на естественном языке, анализировать геномные, фармакогеномные, экспосомные, анатомические данные; характеристики, полученные с медицинских датчиков; данные гематологии. Токены Neuron будут обеспечивать доступ к сети и вознаграждать пользователей (отдельных лиц или исследовательские организации). За токены пользователи могут устраивать конкурсы на платформе Neuron и создавать поощрения (призы) для специалистов по обработке и анализу медицинских данных [76].

Open Longevity — еще один отечественный блокчейн-стартап, разрабатывающий систему диагностики болезней и интерпретации медицинских исследований. Помимо намерения дать пользователям полную информацию об их здоровье Open Longevity ставит перед собой цель проводить клинические исследования в области терапии против старения силами самих пациентов: одни пользователи привлекают средства к проекту, другие (либо сами инвесторы) добровольно принимают участие в строго контролируемых медицинских тестах. Стартап берет на себя все юридические работы, связанные с необходимостью обеспечить соответствие жестким международным требованиям к подобным исследованиям [77].

Robomed Network — проект, занимающийся разработкой системы для заключения и поддержки смарт-контрактов между медицинскими клиниками и их пациентами. Информационная система Robomed, разработанная на основе БТ, объединяет провайдеров медицинских услуг и пациентов. Смарт-контракты представляют собой протоколы, предназначенные для проверки или обеспечения выполнения договоров. Robomed Network хранит все данные в электронной карте, позволяет отслеживать динамику изменений и осуществлять полный цикл ведения пациента. Систему можно использовать вне зависимости от территориального распределения клиник — вводимые данные сводятся в единую базу. На основании собранного врачом анамнеза Robomed Network формирует инструкции по диагностике заболевания, в результате чего врач устанавливает диагноз, а система выдает рекомендации по лечению. При этом врач получает обязательные рекомендации по лечению пациента и те, которые он может корректировать на свое усмотрение [78]. Компания Robomed разработала также мобильное приложение, с помощью которого любой желающий сможет пройти диагностику и начать получать лечение. Взаимодействовать пациент, клиника и врач будут напрямую посредством смарт-контрактов [79].

Благодаря БТ, интегрированным в сервис Doctor Smart, первичная удаленная консультация у врача-специалиста ни в чем (по качеству и возможностям)

не будет уступать очному общению. Все врачи-специалисты будут проходить обязательную сертификацию, данные о которой станут доступны всем пользователям и не смогут быть фиктивными. Doctor Smart также использует БТ для финансовых расчетов: все операции между клиентами сервиса и поставщиками услуг реализованы на базе токенов и смарт-контрактов в Ethereum. При этом клиенты будут видеть цены на услуги в локальной валюте, а оплату по желанию проводить банковской картой или с помощью распространенных электронных платежных систем. Помимо прочего Doctor Smart предполагает сбор и предиктивный анализ информации с носимых устройств (например, фитнес-трекеров). Сервис может выполнять постоянный мониторинг состояния здоровья клиента, предупреждать его о заболеваниях, давать рекомендации по их профилактике [79]. Схожий подход предлагают разработчики Bioritmai — общедоступной системы контроля состояния организма и раннего выявления болезней сердечно-сосудистой системы [80].

Еще один потенциально значимый проект — Gene Blockchain, который фокусируется на работе с человеческим геномом. Компания предоставляет технологии и программные продукты для секвенирования и анализа генетических последовательностей. На основании материалов проекта полученные в результате обработки данные впоследствии могут использоваться для диагностики патологий, подбора необходимых медикаментов и выбора подходящих методов лечения. Благодаря БТ компания планирует в значительной степени удешевить и стандартизировать генетические исследования [81].

Отечественная компания ARNA Genomics, занимающаяся проблемой раннего диагностирования онкозаболеваний, разрабатывает биотехнологическую платформу Arna Rapasea на базе технологии блокчейна, которая объединит участников рынка медицинских исследований. Платформа призвана максимально сократить сроки внедрения на рынок разработок в сфере биотехнологий, создать единое защищенное хранилище клинических данных по онкологическим заболеваниям, а также обеспечить открытое взаимодействие между учеными, врачами, пациентами, фармацевтическими и страховыми компаниями [82].

В литературе отмечены преимущества БТ в проведении клинических исследований [83]. БТ позволяет безопасно автоматизировать клиническое испытание посредством умных контрактов. В то же время технология обеспечивает тщательный контроль данных, их безопасность и выполнение общих требований как отдельным пациентом, так и всеми участниками клинических испытаний.

Блокчейн-технология может также применяться для оптимизации управления и повышения эффективности лечения за счет создания официального реестра с целью отслеживания качества компонентов, используемых для производства лекарств, выявления рас-

пространения лекарств и обеспечения подлинности рецептов [84].

### Преимущества и ограничения использования блокчейна в медицине

Проведенный анализ литературы позволяет говорить о больших возможностях использования БТ в системе здравоохранения.

*Децентрализация.* Блокчейн может стать основой для децентрализованного управления медицинскими данными, где все заинтересованные стороны могут контролировать доступ к одним и тем же медицинским записям, при этом никто не будет играть роль центрального органа над глобальной медицинской информацией.

*Улучшенная безопасность и конфиденциальность данных.* Свойство неизменности блокчейна значительно повышает безопасность хранящихся на нем данных, поскольку информация, сохраненная в блокчейне, не может быть повреждена, изменена или восстановлена. Все медицинские данные на блокчейне зашифрованы, помечены временем и добавлены в хронологическом порядке. Кроме того, сведения о состоянии здоровья защищены в блокчейне наличием криптографических ключей, которые помогают защитить личность или конфиденциальность пациентов.

*Личная собственность на медицинские данные.* Пациенты должны владеть своими данными и контролировать, как они используются. Пациентам нужна уверенность в том, что сведения об их здоровье не используются другими заинтересованными сторонами, при этом у них должно быть средство для выявления случаев такого злоупотребления. Блокчейн помогает удовлетворить эти требования с помощью надежных криптографических протоколов и четко определенных смарт-контрактов.

*Доступность и надежность.* Поскольку записи в блокчейне реплицируются в нескольких узлах, доступность медицинских данных, хранящихся здесь, гарантируется. Система также надежна и устойчива к потерям данных, их повреждению и некоторым атакам на безопасность хранения.

*Прозрачность и доверие.* Блокчейн благодаря своей открытой и прозрачной природе создает атмосферу доверия вокруг приложений здравоохранения на блокчейне.

*Проверяемость данных.* Даже без доступа к открытому тексту хранящихся в блокчейне записей можно проверить их целостность и достоверность. Эта функция очень полезна в системе здравоохранения, где требуется проверка записей, например: управление цепочкой поставок фармацевтических препаратов или анализ данных страховых требований [8].

Вместе с тем известны и определенные ограничения применения блокчейна в медицине. К таким ограничениям относятся [85–87]:

1) сохранение приватности информации — как хранить все транзакции в общей базе данных, но при этом не раскрывать приватную информацию;

2) производительность — как обеспечить обработку большого потока транзакций;

3) управление — как принимать решения об обновлении протоколов в децентрализованной среде;

4) объем хранения — как хранить только необходимый минимум данных, чтобы сэкономить место в блокчейне;

5) ответственность — как определить виновного в случае конфликта или ошибки.

Также существуют проблемы в разграничении доступа к информации и фиксации уровня [88, 89].

Проведенный анализ также свидетельствует, что для использования БТ в медицине необходимо выполнение ряда непростых условий:

1) оцифровка всех данных и процессов;

2) наличие достаточного количества специалистов по криптографии;

3) унификация правил для всех участников;

4) достижение прозрачности принятия решений.

Блокчейн как технология не поддается регуляции, могут быть урегулированы только отдельные проекты (например, хранение и обработка персональных и медицинских данных пациентов и т.д.) [90, 91]. Не получило еще должного развития на блокчейне решение проблемы контроля качества оказания медицинских услуг [92, 93].

Однако при всех ограничениях БТ получает все более широкое распространение в медицине. Особо интересным направлением для дальнейшего развития БТ в системе здравоохранения нам представляется совместное использование искусственного интеллекта (ИИ) и блокчейн-технологии. В медицине уже накоплен большой опыт использования ИИ в разных областях [85, 94–98]. В распределенной базе блокчейна есть возможность генерировать огромное количество индивидуальных данных, которые можно обработать с помощью ИИ. Умная система поддержки принятия решений на основе блокчейна с высокой точностью сформулирует диагноз больного по результатам анализа данных.

С точки зрения безопасности ИИ упростит работу с блокчейном. Нейронные сети смогут обрабатывать личную информацию пациента прямо в зашифрованном виде, минуя промежуточные стадии перевода в читаемую форму. Таким образом, при обработке информации исчезнут слабые места и лазейки [99].

Основной проблемой использования ИИ в медицине является сложность прослеживания правильности выбранного решения. Вычислительная система оперирует множеством переменных, а в процессе работы сама себя учит и создает новые модели. Поэтому до сих пор существует необходимость контроля работы искусственного интеллекта реальным человеком. Если все решения

ИИ будут отражаться в цепочке блоков, то всегда есть возможность проверить, по правильному пути пошла машина или ошиблась [99].

Для обработки цепочки блоков в блокчейне классические компьютеры используют алгоритмы хэширования, которые требуют больших вычислительных мощностей. Попытка использовать ИИ в этом случае поможет более разумным и быстрым способом обрабатывать или шифровать информацию. Самообучение системы ИИ даст возможность отойти от примитивных способов криптографии и позволит обрабатывать код по-новому [99].

## Заключение

Блокчейн-технологии получают все большее распространение в медицине и здравоохранении. Они позволяют перевести работу в цифровую среду, оцифровать все данные и работать со всеми документами в рамках одной большой глобальной публичной информационной системы. Вместе с тем большинство проектов находится пока на стадии разработки. Результаты их внедрения будут видны в ближайшее время. Междисциплинарный подход и сотрудничество врачей с блокчейн-специалистами позволят медицине не отставать от других отраслей науки и полноценно использовать достижения бурно растущих цифровых технологий.

**Финансирование исследования.** Работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература/References

1. Nakamoto S. *Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system*. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
2. Савельев И.Е. Технология blockchain и ее применение. *Прикладная информатика* 2016; 11(6): 19–24. Savelyev I.E. Review article about the blockchain and its usage. *Prikladnaya informatika* 2016; 11(6): 19–24.
3. Свон М. Блокчейн: схема новой экономики. М: Олимп-Бизнес; 2016; 224 с. Svon M. *Blokcheyn: skhema novoy ekonomiki* [Blockchain: a scheme of the new economy]. Moscow: Olimp-Biznes; 2016; 224 p.
4. Collins R. Blockchain: a new architecture for digital content. *EContent* 2016; 39(8): 22–23.
5. Chung M., Kim J. The internet information and technology research directions based on the fourth industrial revolution. *KSII Transactions on Internet and Information Systems* 2016; 10(3): 1311–1320, <https://doi.org/10.3837/tiis.2016.03.020>.
6. Underwood S. Blockchain beyond bitcoin. *Commun ACM* 2016; 59(11): 15–17, <https://doi.org/10.1145/2994581>.
7. Yli-Huoma J., Ko D., Choi S., Park S., Smolander K. Where is current research on blockchain technology? — A systematic review. *PLoS One* 2016; 11(10), e0163477, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>.
8. Agbo C.C., Mahmoud Q.H., Eklund J.M. Blockchain

- technology in healthcare: a systematic review. *Healthcare* 2019; 7(2): 56, <https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>.
9. Crosby M., Nachiappan, Pattanayak P., Verma S., Kalyanaraman V. Blockchain technology: beyond bitcoin. *Applied Innovation Review* 2016; 2: 6–10.
  10. Taylor P.J., Dargahi T., Dehghantanha A., Parizi R.M., Choo K.-K.R. A systematic literature review of blockchain cyber security. *Digital Communications and Networks* 2019, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2019.01.005>.
  11. Zhang Y., Wen J. The IoT electric business model: using blockchain technology for the internet of things. *Peer-to-Peer Networking and Applications* 2017; 10(4): 983–994, <https://doi.org/10.1007/s12083-016-0456-1>.
  12. Могайар У., Бутерин В. Блокчейн для бизнеса. М: Эксмо; 2017: 224 с. Mogayar U., Buterin V. *Blokcheyn dlya biznesa* [Blockchain for business]. Moscow: Eksmo; 2017: 224 p.
  13. Красикова Е.М. Blockchain: технология будущего. *Аллея науки* 2018; 1(1): 219–224. Krasikova E.M. Blockchain: technology of the future. *Alleya nauki* 2018; 1(1): 219–224.
  14. Садуллаев Х.Х.У. Семь конструктивных принципов экономики на блокчейне. *Аллея науки* 2018; 3(1): 911–913. Sadullaev H.H.U. The seven design principles of a blockchain economy. *Alleya nauki* 2018; 3(1): 911–913.
  15. Melnychenko O., Hartinger R. Role of blockchain technology in accounting and auditing. *European Cooperation* 2017; 9(28): 27–34.
  16. Knezevic D. Impact of blockchain technology platform in changing the financial sector and other industries. *Montenegrin Journal of Economics* 2018; 14(1): 109–120, <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2018.14-1.8>.
  17. Biktimirov M.R., Domashev A.V., Cherkashin P.A., Shcherbakov A.Y. Blockchain technology: universal structure and requirements. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics* 2017; 51(6): 235–238, <https://doi.org/10.3103/s0005105517060036>.
  18. Pilkington M. Blockchain technology: principles and applications. In: Olleros F.X., Zhegu M. (editors). *Research handbook on digital transformations*. Edward Elgar Publishing; 2016; p. 225–253, <https://doi.org/10.4337/9781784717766.00019>.
  19. Tapscott D., Tapscott A. *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. New York: Penguin; 2016; 386 p.
  20. Sharples M., Domingue J. A distributed system for educational record, reputation and reward. In: *Adaptive and adaptable learning*. Springer, Cham; 2016; p. 490–496, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48).
  21. Часовских В.П., Лабунец В.Г., Воронов М.П. Технология “блокчейн” (blockchain) в образовании вузов и цифровой экономике. *Эко-потенциал* 2017; 2(18): 99–105. Chasovskikh V.P., Labunets V.G., Voronov M.P. Blockchain technology in education of universities and the digital economy. *Eko-potentsial* 2017; 2(18): 99–105.
  22. Skiba D.J. The potential of blockchain in education and health care. *Nursing education perspectives* 2017; 38(4): 220–221, <https://doi.org/10.1097/01.nep.0000000000000190>.
  23. Hoy M.B. An introduction to the blockchain and its implications for libraries and medicine. *Medical reference services quarterly* 2017; 36(3): 273–279, <https://doi.org/10.1080/02763869.2017.1332261>.
  24. De la Rosa J., Torres-Padrosa V., El-Fakdi A., Gibovic D., Hornyák O., Maicher L., Miralles F. A survey of blockchain technologies for open innovation. In: *Proceedings of the 4<sup>th</sup> Annual World Open Innovation Conference, WOIC 2017*. San Francisco, USA; 2017. URL: <http://eia.udg.edu/~aelfakdi/papers/waic17.pdf>.
  25. Tao X. Research on the development and significance of “Blockchain+” education. *Journal of Distance Education* 2017; 2: 003.
  26. Dettling W. How to teach blockchain in a business school. In: *Business information systems and technology 4.0*. Springer, Cham; 2018; p. 213–225, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74322-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74322-6_14).
  27. Gaetani E., Aniello L., Baldoni R., Lombardi F., Margheri A., Sassone V. Blockchain-based database to ensure data integrity in cloud computing environments. In: *Proceedings of the First Italian Conference on Cybersecurity (ITASEC17)*. Venice, Italy; 2017; p. 146–155. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1816/paper-15.pdf>.
  28. Rimba P., Tran A.B., Weber I., Staples M., Ponomarev A., Xu X. Comparing blockchain and cloud services for business process execution. In: *IEEE International Conference on Software Architecture, ICSA 2017*. Gothenburg, Sweden; 2017; p. 257–260, <https://doi.org/10.1109/icsa.2017.44>.
  29. Kshetri N. Can blockchain strengthen the internet of things? *IT Professional* 2017; 19(4): 68–72, <https://doi.org/10.1109/mitp.2017.3051335>.
  30. Ayed A.B. A conceptual secure blockchain-based electronic voting system. *International Journal of Network Security & Its Applications* 2017; 9(3): 1–9, <https://doi.org/10.5121/ijnsa.2017.9301>.
  31. Lee K., James J.I., Ejeta T.G., Kim H.J. Electronic voting service using block-chain. *Journal of Digital Forensics, Security and Law* 2016; 11(2), <https://doi.org/10.15394/jdfsl.2016.1383>.
  32. Noizat P. Blockchain electronic vote. In: Chuen D.L.K. (editor). *Handbook of digital currency. Bitcoin, innovation, financial instruments, and big data*. Elsevier; 2015; p. 453–461, <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802117-0.00022-9>.
  33. Shrier D., Wu W., Pentland A. *Blockchain & infrastructure (identity, data security)*. Massachusetts Institute of Technology, MIT Connection Science; 2016. URL: [https://www.getsmarter.com/blog/wp-content/uploads/2017/07/mit\\_blockchain\\_and\\_infrastructure\\_report.pdf](https://www.getsmarter.com/blog/wp-content/uploads/2017/07/mit_blockchain_and_infrastructure_report.pdf).
  34. Zeilinger M. Digital art as “Monetised Graphics”: enforcing intellectual property on the blockchain. *Philosophy & Technology* 2018; 31(1): 15–41, <https://doi.org/10.1007/s13347-016-0243-1>.
  35. Tsai W.T., Feng L., Zhang H., You Y., Wang L., Zhong Y. Intellectual-property blockchain-based protection model for microfilms. In: *IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE)*. San Francisco, USA; 2017; p. 174–178, <https://doi.org/10.1109/sose.2017.35>.
  36. Блокчейн. *Blokcheyn* [Blockchain]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн>.
  37. Онлайн-курс по Blockchain. *Onlayn-kurs po Blockchain* [Blockchain online course]. URL: <https://distributedlab.com/online-course>.
  38. Поппер Н. Цифровое золото. Невероятная история Биткойна, или как идеалисты и бизнесмены изобретают деньги заново. М: Диалектика; 2018; 368 с. Popper N. *Tsifrovoye zoloto. Neveroyatnaya istoriya Bitkoyna, ili kak idealisty i biznesmeny izobretayut den'gi zanovo* [Digital gold. Incredible story of Bitcoin, or how idealists and businessmen invent money anew]. Moscow: Dialektika; 2018; 368 p.

39. Винья П., Кейси М. Эпоха криптовалют. Как биткоин и блокчейн меняют мировой экономический порядок. М: Манн, Иванов и Фербер; 2017; 432 с. Vigna P., Kasey M. *Эпоха криптовалют. Как биткоин и блокчейн меняют мировой экономический порядок* [The age of cryptocurrency. How bitcoin and the blockchain are challenging the global economic order]. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber; 2017; 432 p.
40. Рикардс Д. Золотой запас. Почему золото, а не биткоины — валюта XXI века? М: Эксмо; 2017; 192 с. Rikards D. *Золотой запас. Почему золото, а не биткоины — валюта XXI века?* [Gold reserves. Why gold, not Bitcoins, is the currency of the XXI century?]. Moscow: Eksmo; 2017; 192 p.
41. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология blockchain в действии. СПб: Питер; 2017; 240 с. Raval S. *Децентрализованные приложения. Технология blockchain в действии* [Decentralized applications. Blockchain technology in action]. Saint Petersburg: Piter; 2017; 240 p.
42. Antonopoulos A.M. *The Internet of money*. Merkle Bloom LLC; 2016; 150 p.
43. Champagne P. *The book of Satoshi: the collected writings of bitcoin creator Satoshi Nakamoto*. USA: e3 Publishing LLC; 2014; 394 p.
44. Mannaro K., Pinna A., Marchesi M. Crypto-trading: blockchain-oriented energy market. In: *AEIT International Annual Conference*. Cagliari, Italy; 2017, <https://doi.org/10.23919/aeit.2017.8240547>.
45. Акулич М. Blockchain для маркетинга. Akulich M. *Blockchain dlya marketinga* [Blockchain for marketing]. 2019. URL: [https://fictionbook.ru/author/margarita\\_akulich/blockchain\\_dlya\\_marketinga/read\\_online.html](https://fictionbook.ru/author/margarita_akulich/blockchain_dlya_marketinga/read_online.html).
46. Sikorski J.J., Haughton J., Kraft M. Blockchain technology in the chemical industry: machine-to-machine electricity market. *Applied Energy* 2017; 195: 234–246, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.039>.
47. Заславский А.А. Перспективы использования алгоритмов блокчейн для обеспечения безопасности при управлении образовательной организацией. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования 2018; 15(1): 101–106. Zaslavsky A.A. Prospects for the use of blockchain algorithms to ensure security in the management of the educational organization. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya* 2018; 15(1): 101–106, <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2018-15-1-101-106>.
48. Borioli G.S., Couturier J. How blockchain technology can improve the outcomes of clinical trials. *British Journal of Healthcare Management* 2018; 24(3): 156–162, <https://doi.org/10.12968/bjhc.2018.24.3.156>.
49. Roman-Belmonte J.M., De la Corte-Rodriguez H., Rodriguez-Merchan E.C. How blockchain technology can change medicine. *Postgrad Med* 2018; 130(4): 420–427, <https://doi.org/10.1080/00325481.2018.1472996>.
50. Hoy M.B. An introduction to the blockchain and its implications for libraries and medicine. *Med Ref Serv Q* 2017; 36(3): 273–279, <https://doi.org/10.1080/02763869.2017.1332261>.
51. Dubovitskaya A., Xu Z., Ryu S., Schumacher M., Wang F. How blockchain could empower e-health: an application for radiation oncology. In: Begoli E., Wang F., Luo G. (editors). *Data management and analytics for medicine and healthcare. DMAH 2017. Lecture notes in computer science*. Springer, Cham; 2017; p. 3–6, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67186-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67186-4_1).
52. Rabah K. Challenges & opportunities for blockchain powered healthcare systems. A review. *Mara Research Journal of Medicine & Health Sciences* 2017; 1(1): 45–52.
53. Liu P.T.S. Medical record system using blockchain, big data and tokenization. In: Lam K.-Y., Chi C.-H., Qing S. (editors). *Information and communications security. ICICS 2016. Lecture notes in computer science*. Springer, Cham; 2016; p. 254–261, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50011-9\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50011-9_20).
54. Dubovitskaya A., Novotny P., Xu Z., Wang F. Applications of blockchain technology for data-sharing in oncology: results from a systematic literature review. *Oncology* 2019; 3: 1–9, <https://doi.org/10.1159/000504325>.
55. Huckle S., Bhattacharya R., White M., Beloff N. Internet of things. Blockchain and shared economy applications. *Procedia Computer Science* 2016; 98: 461–466, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.074>.
56. Куликов Н.И., Кудрявцева Ю.В. Банки на пороге новой технологической революции. Вопросы современной науки и практики 2017; 2(64): 69–78. Kulikov N.I., Kudryavtseva Yu.V. Banks on the threshold of the new technological revolution. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki* 2017; 2(64): 69–78.
57. Pazaitis A., De Filippi P., Kostakis V. Blockchain and value systems in the sharing economy: the illustrative case of backfeed. *Technological Forecasting and Social Change* 2017; 125: 105–115, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.025>.
58. Александрикова И., Козлова Е. Биткоин как новый инструмент финансовых операций. Теория и практика современной науки 2017; 6(24): 48–51. Alexandrikova I., Kozlova E. Bitcoin as a new instrument of financial services. *Teoriya i praktika sovremennoy nauki* 2017; 6(24): 48–51.
59. Лелу Л. Блокчейн от А до Я: все о технологии десятилетия. М: Бомбора; 2018; 256 с. Lelu L. *Blockchain от А до Я: все о технологии десятилетия* [Blockchain from A to Z: all about technology of the decade]. Moscow: Bombora; 2018; 256 p.
60. Дрешер Д. Основы блокчейна. М: ДМК Пресс; 2018; 312 с. Dresher D. *Osnovy blokcheyna* [Blockchain basics]. Moscow: DMK Press; 2018; 312 p.
61. Попов В. Блокчейн философия. 2018. Popov V. *Blokcheyn filosofiya* [Blockchain philosophy]. 2018. URL: <https://www.litres.ru/vladimir-popov-7629101/blockcheyn-filosofiya-chast-i>.
62. Shuaib K., Saleous H., Shuaib K., Zaki N. Blockchains for secure digitized medicine. *J Pers Med* 2019; 9(3): 35, <https://doi.org/10.3390/jpm9030035>.
63. Kraft D. Difficulty control for blockchain-based consensus systems. *Peer-to-Peer Networking and Applications* 2016; 9(2): 397–413, <https://doi.org/10.1007/s12083-015-0347-x>.
64. Kuo T.T., Kim H.E., Ohno-Machado L. Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *J Am Med Inform Assoc* 2017; 24(6): 1211–1220, <https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068>.
65. *Telegram open network*. URL: <https://ru.ton-telegram.net/>.
66. Dannen C. *Introducing Ethereum and Solidity. Foundations of cryptocurrency and blockchain programming for beginners*. New York, Apress; 2017; 185 p., <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2535-6>.
67. Diedrich H. *Ethereum: blockchains, digital assets, smart contracts, decentralized autonomous organizations*. Create Space Independent Publishing Platform; 2016; 360 p.
68. Цыганов С.Н., Туголукова А.В. Возможности при-



- менения технологии блокчейн в здравоохранении. В кн.: Перспективы развития науки и образования. М: ИП Туголуков А.В.; 2017; с. 123–126. Tsyganov S.N., Tugolukova A.V. *Vozmozhnosti primeneniya tekhnologii blokcheyn v zdavookhraneni. V kn.: Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya* [The possibilities of using blockchain technology in healthcare. In: Prospects for the development of science and education]. Moscow: IP Tugolukov A.V.; 2017; p. 123–126.
69. URL: <https://vademec.ru/news/2017/09/06/elektronnye-meditsinskie-karty-rossiyan-budut-khranit-po-printsipu-blokcheyn/>.
70. Блокчейн для электронных медицинских карт. *Blokcheyn dlya elektronnykh meditsinskikh kart* [Blockchain for electronic medical records]. URL: <https://medicalchain.com/ru/>.
71. *BurstIQ Receives Frost & Sullivan 2019 Best Practice Award for Healthcare Data Management*. URL: <https://finance.yahoo.com/news/burstiq-receives-frost-sullivan-2019-133000808.html>.
72. Roehrs A., da Costa C.A., da Rosa Righi R. OmniPHR: a distributed architecture model to integrate personal health records. *J Biomed Inform* 2017; 71: 70–81, <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.05.012>.
73. Yoon H.J. Blockchain technology and healthcare. *Healthcare Informatics Research* 2019; 25(2): 59–60, <https://doi.org/10.4258/hir.2019.25.2.59>.
74. Azaria A., Ekblaw A., Vieira T., Lippman A. MedRec: using blockchain for medical data access and permission management. In: *International Conference on Open and Big Data (OBD)*. Vienna, Austria; 2016, <https://doi.org/10.1109/obd.2016.11>.
75. *Trust, confidence and verifiable data audit*. URL: <https://deepmind.com/blog/trust-confidence-verifiable-data-audit/>.
76. *Doc.ai*. URL: <https://doc.ai>.
77. Open Longevity. Клинические исследования по инициативе пациентов. *Klinicheskie issledovaniya po initsiative patsientov* [Clinical trials initiated by patients]. URL: <https://medium.com/open-longevity/>.
78. *Robomed*. URL: <https://robo-med.com>.
79. *Doctor Smart*. URL: <http://doctorsmart.vc/ru>.
80. Биоритм-браслет. *Bioritm-braslet* [Biorhythm bracelet]. URL: <https://www.tokendesk.io/ico/bioritmai>.
81. *Zenome. A first decentralized Internet of genomic data and services*. URL: <https://zenome.io/>.
82. *ARNA genomics*. URL: <https://arna.bio/en/>.
83. Benchoufi M., Ravaud P. Blockchain technology for improving clinical research quality. *Trials* 2017; 18(1): 335, <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2035-z>.
84. Baunm S. *Health IT startups working to secure pharma supply chains?* URL: <http://medcitynews.com/2017/01/drug-supply-chain-security-and-technology/>.
85. Hussien H.M., Yasin S.M., Udzir S.N., Zaidan A.A., Zaidan B.B. A systematic review for enabling of develop a blockchain technology in healthcare application: taxonomy, substantially analysis, motivations, challenges, recommendations and future direction. *J Med Syst* 2019; 43(10): 320, <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1445-8>.
86. Беляев А.М., Стилиди И.С., Каприн А.Д., Личиницер М.Р., Мещеряков А.А., Семиглазов В.Ф., Имянитов Е.Н., Семиглазова Т.Ю., Полторацкий А.Н., Константинов Л.В., Петрусенко И.А., Никитин О.И., Захаров К.А., Трифонов М.И., Плахов Д.Н. Блокчейн в здравоохранении: возможности для использования в клинических исследованиях. *Лечебное дело* 2018; 2: 100–105. Belyaev A.M., Stilidi I.S., Kaprin A.D., Lichinitser M.R., Mescheryakov A.A., Semiglazov V.F., Imyaninov E.N., Semiglazova T.Yu., Poltoratsky A.N., Konstantinov L.V., Petrusenko I.A., Nikitin O.I., Zakharov K.A., Trifonov M.I., Plakhov D.N. Blockchain in health care: opportunities for use in clinical trials. *Lechebnoe delo* 2018; 2: 100–105.
87. Chang M.C., Hsiao M.Y., Boudier-Revéret M. Blockchain technology: efficiently managing medical information in the pain management field. *Pain Med* 2019, <https://doi.org/10.1093/pm/pnz261>.
88. Bhattacharya S., Singh A., Hossain M.M. Strengthening public health surveillance through blockchain technology. *AIMS Public Health* 2019; 6(3): 326–333, <https://doi.org/10.3934/publichealth.2019.3.326>.
89. Johnson M., Jones M., Shervey M., Dudley J.T., Zimmerman N. Building a secure biomedical data sharing decentralized app (DApp): tutorial. *J Med Internet Res* 2019; 21(10): e13601, <https://doi.org/10.2196/13601>.
90. Balis C., Tagopoulos I., Dimola K. Moving towards a blockchain-based healthcare information system. *Stud Health Technol Inform* 2019; 262: 168–171, <https://doi.org/10.3233/SHT1190044>.
91. Mackey T.K., Kuo T.T., Gummadi B., Clauson K.A., Church G., Grishin D., Obbad K., Barkovich R., Palombini M. 'Fit-for-purpose?' — challenges and opportunities for applications of blockchain technology in the future of healthcare. *BMC Med* 2019; 17(1): 68, <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1296-7>.
92. Kuo T.T., Zavaleta Rojas H., Ohno-Machado L. Comparison of blockchain platforms: a systematic review and healthcare examples. *J Am Med Inform Assoc* 2019; 26(5): 462–478, <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy185>.
93. Drosatos G., Kaldoudi E. Blockchain applications in the biomedical domain: a scoping review. *Comput Struct Biotechnol J* 2019; 17: 229–240, <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2019.01.010>.
94. Литвин А.А., Литвин В.А. Системы поддержки принятия решений в хирургии. *Новости хирургии* 2014; 22(1): 96–100. Litvin A.A., Litvin V.A. Clinical decision support systems for surgery. *Novosti khirurgii* 2014; 22(1): 96–100.
95. *Clinical decision support: the road ahead*. Greenes R.A. (editor). Boston: Elsevier Academic Press; 2007; 581 p.
96. O'Donoghue O., Vazirani A.A., Brindley D., Meinert E. Design choices and trade-offs in health care blockchain implementations: systematic review. *J Med Internet Res* 2019; 21(5): e12426, <https://doi.org/10.2196/12426>.
97. Кобринский Б.А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении. *Врач и информационные технологии* 2010; 2: 39–45. Kobrinsky B.A. Decision support systems in public health services and training. *Vrach i informatsionnye tekhnologii* 2010; 2: 39–45.
98. Krittanawong C., Rogers A.J., Aydar M., Choi E., Johnson K.W., Wang Z., Narayan S.M. Integrating blockchain technology with artificial intelligence for cardiovascular medicine. *Nat Rev Cardiol* 2019, <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0294-y>.
99. Mamoshina P., Ojomoko L., Yanovich Y., Ostrovski A., Botezatu A., Prikhodko P., Izumchenko E., Aliper A., Romantsov K., Zhebrak A., Ogu I.O., Zhavoronkov A. Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare. *Oncotarget* 2018; 9(5): 5665–5690, <https://doi.org/10.18632/oncotarget.22345>.