

О.В. УГРИМОВ

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СИСТЕМАХ ОНЛАЙН-ГОЛОСОВАНИЯ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Статья посвящена особенностям применения технологии блокчейн в отечественных и зарубежных системах онлайн-голосования и представляет собой попытку ответить на вопрос, как данная технология изменила процесс выборов; и, одновременно, выявить положительные и отрицательные эффекты внедрения данной технологии. В качестве методологической основы статьи был взят SWOT-анализ. Это позволило выделить сильные и слабые стороны, а также возможности и ограничения новых систем голосования. Автор приходит к выводу, что блокчейн может стать эффективным инструментом для обеспечения безопасной и прозрачной процедуры выборов. В то же время отмечается, что его внедрение сопряжено с рядом проблем: масштабируемостью, идентификацией избирателей, техническими ограничениями, недостаточной разработанностью нормативно-правовой базы.

Ключевые слова: блокчейн, смарт-контракты, избирательный процесс, электронное голосование, онлайн-голосование, безопасность, прозрачность.

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN ONLINE VOTING SYSTEMS: NEW CHALLENGES AND PROSPECTS

Abstract. The article examines the specifics of blockchain technology application in domestic and foreign online voting systems. This paper is an attempt to answer the question of how blockchain technology has changed the online voting process; to reveal the positive and negative effects of implementing this technology. SWOT analysis was chosen as the methodological basis, which allowed us to reveal the strengths and weaknesses, as well as the opportunities and limitations of new voting systems. The author concludes that blockchain can become an effective tool for creating a secure and transparent electronic voting system. It is noted that the implementation of this technology is associated with a number of challenges, including scalability, voter identification, technical limitations, inadequate development of the regulatory framework.

Keywords: blockchain, smart contracts, electoral process, electronic voting, online voting, security, transparency.

Технологический прогресс не стоит на месте. Цифровые технологии проникли во многие сферы жизнедеятельности человека: появилась

УГРИМОВ Олег Владимирович — аспирант факультета политологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва

возможность совершать онлайн-покупки и банковские операции, получать государственные услуги и многое другое, нажав всего пару кнопок на своем электронном устройстве.

Цифровизация общественно-политической сферы привела к значительным изменениям и в избирательном процессе. Электронные списки избирателей, автоматизированные системы подачи и подсчета голосов, терминалы электронного голосования, QR-коды — все это стало возможным благодаря развитию новых технологий. Все большее распространение стало получать онлайн-голосование (дистанционное электронное голосование или интернет-голосование) — разновидность электронного голосования, которая дает гражданам возможность проголосовать из любого места с помощью компьютера или же какого-либо другого технического устройства, подключенного к Интернету.

Однако использование систем онлайн-голосования сопряжено с рядом проблем. Наибольшую обеспокоенность вызывают вопросы безопасности, в частности угрозы технического характера. Эти угрозы могут быть связаны как с незащищенностью программного и аппаратного обеспечения, так и с уязвимостью Интернета. Не следует забывать и о вероятности внешнего вмешательства. Выборы всегда были притягательной мишенью для недружественных государств и организаций, стремящихся повлиять на результаты голосования.

Создание безопасной и прозрачной системы онлайн-голосования — действительно сложная задача. Попытки внедрить подобные системы почти всегда сопровождались рядом трудностей. В результате некоторые страны либо полностью отказались от онлайн-голосования, либо значительно ограничили его применение. Так, Норвегия протестировала интернет-голосование в 2011 и 2013 годах, но позже приняла решение не продолжать его применение из-за неуверенности в его безопасности¹. В 2019 году власти Швейцарии временно приостановили² использование интернет-голосования из-за обнаруженных технических уязвимостей³.

В качестве решения вышеуказанных проблем была предложена технология блокчейн. Децентрализованная структура в сочетании с использованием криптографических инструментов и алгоритмов консенсуса делает его потенциальным решением проблем, связанных с безопасностью и прозрачностью систем электронного голосования.

¹ Norway Does A Ctrl+Alt+Delete On E-Voting Experiment [Электронный ресурс]. URL: <https://www.npr.org/sections/thetwo-way/2014/06/27/326221089/norway-does-a-ctrl-alt-delete-on-e-voting-experiment> (дата обращения: 18.04.2024).

² В 2023 году после пятилетнего перерыва Швейцария возобновила использование онлайн-голосования.

³ Researchers Find Critical Backdoor in Swiss Online Voting System // Vice [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vice.com/en/article/zmakk3/researchers-find-critical-backdoor-in-swiss-online-voting-system> (дата обращения: 18.04.2024).

На сегодняшний день существует достаточно большой опыт использования данной технологии на выборах различного уровня. В 2018 году было проведено ее тестирование на муниципальных выборах в швейцарском городе Цуг⁴. В том же году власти японского города Цукуба внедрили систему блокчейн-голосования, позволяющую местным жителям голосовать по различным проектам социального развития⁵. Особенно интересен опыт Сьерра-Леоне, где в 2018 году впервые в мировой электоральной практике прошли президентские выборы с использованием технологии блокчейн⁶. С 2019 года технология блокчейн используется в системе электронного голосования Эстонии [1, с. 12].

* * *

Тема блокчейна приобретает особую актуальность в связи с его активным использованием в российской системе дистанционного электронного голосования (ДЭГ). Эксперимент с ДЭГ впервые был проведен в трех избирательных округах на выборах депутатов в Московскую городскую Думу в сентябре 2019 года. В 2020 году ДЭГ использовалось в ходе общероссийского голосования по поправкам в Конституцию Российской Федерации — в Москве и Нижегородской области. В 2021 году на выборах депутатов Государственной Думы география применения этой формы голосования расширилась до семи регионов: Курской, Мурманской, Нижегородской, Ростовской, Ярославской областей, Москвы и Севастополя. На выборах в сентябре 2023 года дистанционное голосование проводилось в 24 регионах, в 18 из них — впервые. На президентских выборах 2024 года система ДЭГ использовалась уже в 29 регионах, охватив почти 4,5 млн избирателей.

Растущий интерес к системам онлайн-голосования на основе блокчейна указывает на важность всестороннего и систематического анализа текущих исследований в этой области. Однако в работах отечественных авторов уделяется недостаточное внимание теоретическим и практическим аспектам данного вопроса. В то же время стоит отметить, что в зарубежной литературе эта проблематика исследована более глубоко и детально.

Основной целью нашего исследования является анализ эффектов применения технологии блокчейн в системах онлайн-голосования, в частности определение его основных преимуществ и недостатков, а также потенциальных возможностей и ограничений. Для раскрытия поставленной цели в качестве методологической основы данного исследования был выбран SWOT-анализ.

⁴ Report on Switzerland's First Blockchain-Based Vote Reveals Citizens Wants More e-Voting // Luxoft [Электронный ресурс]. URL: <https://www.luxoft.com/pr/report-on-switzerlands-first-blockchainbased-vote-reveals-citizens-want-more-evoting> (дата обращения: 18.04.2024).

⁵ Osborne C. Japanese city trials blockchain to replace traditional voting booths [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zdnet.com/article/japanese-city-trials-blockchain-to-replace-traditional-voting-booths/> (дата обращения: 19.04.2024).

⁶ The world's first blockchain-supported elections just happened in Sierra Leone [Электронный ресурс]. URL: <https://qz.com/africa/1227050/sierra-leone-elections-powered-by-blockchain> (дата обращения: 19.04.2024).

Блокчейн: особенности технологии

Прежде чем перейти к анализу использования блокчейна в системах онлайн-голосования, необходимо остановиться на особенностях самой технологии, в частности, дать общее представление о структуре и основных принципах работы блокчейна.

Технология блокчейн впервые практическую реализацию получила в программной архитектуре криптовалюты биткоин, созданной в 2008 году анонимным разработчиком (или группой разработчиков) под псевдонимом Сатоши Накамото [2]. Биткоин стал первой децентрализованной цифровой валютой, которая позволила проводить безопасные онлайн-транзакции без участия посредников — банков или финансовых организаций. Однако вскоре данная концепция нашла широкое применение далеко за пределами рынка криптовалют и финансовых операций.

Блокчейн (от англ. blockchain — цепочка блоков) — это распределенный реестр данных, состоящий из последовательности блоков, в каждом из которых хранится список всех совершенных транзакций. Каждый блок связан с предыдущим посредством алгоритмов хеширования⁷. Хэш каждого блока генерируется путем объединения и хеширования хэш-кодов всех транзакций, связанных с этим блоком. Цепь постоянно расширяется за счет добавления новых блоков. При этом каждый новый блок содержит хэш-сумму предыдущего, что обеспечивает непрерывную связь между всеми блоками в цепочке [3, с. 93].

Одним из ключевых свойств этого процесса является необратимость, — алгоритмы нельзя запустить в обратную сторону и восстановить исходные данные [4]. Это свойство хэш-функции обеспечивает целостность и неизменность всей цепочки. Если изменить любую запись в блоке, то изменится и его хэш, а поскольку каждый блок хранит хэш предыдущего блока, это приведет к разрыву всей цепочки.

Однако эта особенность не является основной причиной неизменности данных в блокчейне. Ключевую роль играет то, что блокчейн — это распределенный реестр данных, который отличается от обычной базы данных по способу хранения информации [5]. Записи блокчейна распределены по всем узлам (нодам) одноранговой сети, то есть копии всех данных одновременно хранятся на множестве разных компьютеров. Таким образом, не получится подделать или изменить данные в блокчейне, не получив согласия других участников сети. Чтобы изменить записи в блокчейне, необходимо контролировать более половины узлов сети. Это обеспечивает высокий уровень безопасности и надежности: даже если один или несколько узлов выйдут из строя, остальные все также будут работать и поддерживать целостность системы.

⁷ Хеширование — это математический процесс, который принимает входные данные произвольного размера и преобразует их в уникальную битовую строку фиксированной длины. В результате хеширования получается значение, называемое хешем, или хэш-суммой.

Важную роль в функционировании блокчейн-сети играют лежащие в ее основе так называемые протоколы консенсуса, или алгоритмы консенсуса, — механизмы, посредством которых узлы (ноды) взаимодействуют и координируют свои действия. Они определяют правила, согласно которым узлы блокчейн-сети достигают согласия относительно текущего состояния сети и обработки транзакций, в частности относительно того, какие транзакции действительны, а какие нет, и какой блок следует добавить в цепочку следующим.

Существует множество различных алгоритмов консенсуса, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Однако наиболее распространенными являются алгоритм доказательства работы (Proof of Work, PoW) и алгоритм доказательства доли владения (Proof of Stake, PoS) [6, с. 51].

В основе PoW лежит процесс, называемый майнингом. Участники сети (майнеры) соревнуются в решении сложной математической задачи. Каждый участник последовательно перебирает так называемое попсе-число — целочисленное значение, при котором хэш блока будет удовлетворять определенным критериям, в частности начинаться с определенного количества нулей. Майнер, который первым найдет правильное решение, получает вознаграждение и право добавить следующий блок. Обратной стороной этого механизма является энергоемкость, так как майнеры тратят значительные вычислительные ресурсы и электроэнергию. В свою очередь, в механизме PoS вместо вычислительных мощностей имеет значение количество расчетных средств, находящихся на счету участника блокчейн-сети. Чем больше таких монет на счету участника, тем выше вероятность быть выбранным для создания и добавления нового блока.

Все это позволяет создать подлинно распределенную сеть, где ни один узел полностью не контролирует всю сеть, но при этом все участники могут быть уверены в достоверности хранящейся в блокчейне информации.

Обзор научной литературы

За последние несколько лет в академической среде появился значительный объем научных работ, посвященных блокчейн-голосованию. Интерес к данной теме проявляют представители как социально-гуманитарных, так и технических наук.

В отечественной политологии одним из пионеров в исследовании возможностей технологии блокчейн в избирательном процессе стал Р.А. Алексеев [7]. В одной из своих работ он вводит понятие «избирательный блокчейн» [1, с. 11]. Среди основных достоинств данной технологии Алексеев выделяет следующие: мобильность и доступность, эффективность борьбы с электоральным абсентеизмом, минимизация расходов на организацию и проведение выборов, сокращение времени на обработку избирательных

бюллетеней, прозрачность и открытость, гарантию конфиденциальности и защищенности результатов голосования.

Вопрос о применении технологии блокчейн в системах онлайн-голосования также затрагивался в работах таких авторов, как Р.Ф. Альбикиков [8], Д.Л. Кутейников [9], Д.А. Мячин, В.Н. Лукин и Д.Ю. Минкин [10].

В работе С.В. Третьяковой и И.В. Свищевой предлагается возможность использования криптографического протокола zero-knowledge proof (доказательство с нулевым разглашением), ключевая особенность которого в том, что он позволяет проверять истинность информации (или ее частей) без раскрытия самой информации. Проголосовав, избиратели получают специальные наборы чисел, с помощью которых они могут проверить, действительно ли голос отдан за того кандидата, которого они предпочли, а также узнать время передачи голоса и его учета при подсчете, не раскрывая своих персональных данных [11].

В. Паскарь, Л.Г. Гагарина и В.В. Слюсарь подробно описали методику построения системы дистанционного электронного голосования на основе блокчейн-платформы Ethereum. Отмечается, что данная методика обеспечивает прозрачность и анонимность процедуры голосования, гарантирует полную безопасность и конфиденциальность данных, решает проблему давления на избирателя, так как позволяет изменить свой голос неограниченное количество раз. Авторы также представили алгоритм работы смарт-контракта, который отправляет данные в блокчейн-сеть Ethereum, реализует передачу голоса от избирателя к кандидату с помощью транзакций и автоматически определяет победителя, набравшего наибольшее количество голосов [12].

Возможность использования смарт-контрактов в системах электронного голосования вызывает все больший интерес как среди отечественных, так и среди зарубежных исследователей. Н.К. Трубочкина и С.К. Поляков подробно описали процедуру проведения выборов на базе технологии блокчейн с использованием смарт-контракта: от аутентификации избирателя до голосования за конкретного кандидата [13].

Исландские специалисты предложили дизайн децентрализованной системы электронного голосования на основе блокчейн-платформы Ethereum в сочетании со смарт-контрактами. Они считают, что с помощью смарт-контрактов можно автоматизировать избирательный процесс, тем самым устраняя необходимость в посредниках при проверке и подтверждении голосов [14, с. 984].

В то же время критически настроенные исследователи выражают опасение относительно применения данной технологии. Французская исследовательница Ш. Энгехард полагает, что блокчейн-технология не решает проблему достижения безопасности и прозрачности процедуры голосования. По ее мнению, голосование с использованием блокчейна выглядит для

большинства граждан как «черный ящик», в который можно ненадолго заглянуть, лишь обладая специальными знаниями в области цифровых технологий [15].

Исследователи из Массачусетского технологического института ставят под сомнение утверждения о том, что технология блокчейн может обеспечить безопасность систем электронного голосования. Проанализировав риски и угрозы, с которыми сталкиваются системы онлайн-голосования, авторы приходят к выводу, что для голосования, основанного на блокчейне, эти риски не только сохраняются, но и дополняются новыми [16].

Достоинства и недостатки блокчейн-голосования

Исходя из проанализированной литературы и практики применения технологии блокчейн, можно выделить преимущества и недостатки блокчейн-голосования, а также определить его потенциальные возможности и ограничения.

В рамках этой цели была применена четырехзвенная матрица SWOT-анализа, которая предполагает выявление внутренних и внешних факторов. Сильные (strengths) и слабые (weaknesses) стороны были отнесены к внутренним факторам, тогда как возможности (opportunities) и угрозы (threats) — к внешним. Полученные результаты были обобщены и представлены в таблице 1.

Сильными сторонами блокчейн-голосования можно назвать следующие факторы:

1. *Безопасность.* Использование передовых криптографических инструментов в сочетании с алгоритмами консенсуса позволяет создать надежную и защищенную систему онлайн-голосования.

2. *Децентрализация.* Все действия по голосованию хранятся одновременно на всех узлах блокчейна, что гарантирует их целостность и невозможность потери. Это также позволяет избежать «единой точки отказа». Даже если один из узлов блокчейна выйдет из строя, система все равно продолжит работать благодаря своей распределенной архитектуре.

3. *Прозрачность процесса голосования.* Доступность и открытость информации о всех сделанных операциях в блокчейн-сети. Каждый избиратель может проверить состояние своего голоса, а именно то, что голос был записан и корректно учтен. Все действия контролируются, что затрудняет фальсификации и манипулирование результатами голосования [17, с. 13].

4. *Анонимизация результатов выборов и обеспечение принципа тайны голосования.* Голоса сохраняются в обезличенной форме. В результате непредвиденных обстоятельств становится невозможным установить личность избирателя по конкретному бюллетеню. В настоящее время в системах онлайн-голосования широко используются такие криптографические методы, как слепая подпись, гомоморфное шифрование и другие [17, с. 27; 18, с. 7].

К слабым сторонам блокчейн-голосования можно отнести:

1. *Масштабируемость.* С ростом количества участников нагрузка на сеть возрастает; в результате этого транзакционная пропускная способность может существенно замедлиться. При голосовании в масштабах страны, когда потребуются обрабатывать миллионы транзакций за ограниченный период времени, это может стать серьезной проблемой [17; 19; 20, с. 6].

2. *Технические уязвимости.* Блокчейн, как и любая другая технология, созданная человеком, не является абсолютно надежной. Она также подвержена техническим сбоям, ошибкам в программном обеспечении, злоупотреблениям со стороны разработчиков и другим рискам.

3. *Проблема координации и согласования.* Системы онлайн-голосования на основе блокчейна могут столкнуться с трудностями при устранении неисправностей и развертывании нового программного обеспечения. В децентрализованных системах нет единого центра управления, что затрудняет быстрое внесение изменений и устранение ошибок. Таким образом, преимущество блокчейна становится его недостатком, — при возникновении ошибок и сбоев их исправление может занять больше времени, чем в централизованных системах [19].

4. *Проблема совместимости.* Интеграция блокчейн-платформ может быть достаточно сложной задачей из-за разнообразия технической архитектуры и протоколов консенсуса, на которых они основаны [17, с. 14]. Опыт развития системы ДЭГ здесь наиболее показателен. Параллельное существование двух платформ — федеральной и московской — показывает, что до сих пор не выработана идеальная модель, которая бы могла применяться повсеместно [21, с. 40].

5. *Противоречие между обеспечением тайны голосования и верифицируемостью.* Достаточно сложно сохранить тайну голосования одновременно с подконтрольностью процесса учета голосов. Защита анонимности при сохранении возможности проверить результаты голосования — хрупкий баланс, которого сложно достичь [17; с. 15]. В качестве решения данной проблемы некоторыми исследователями предлагается использовать технологию zero-knowledge-proof (доказательство с нулевым разглашением) [11, 20]. Эта технология позволяет одной из сторон доказать корректность зашифрованного значения без его раскрытия.

Возможности блокчейн-голосования:

1. *Доступность.* Избиратель может проголосовать удаленно с любого электронного устройства, имеющего доступ к Интернету, независимо от своего местоположения [1; 13]. В первую очередь это касается особых категорий граждан — лиц с ограниченными физическими возможностями, кто в силу своей маломобильности не может явиться на избирательный участок; проживающих в труднодоступной и отдаленной местности; граждан, находящихся за пределами своей страны.

2. *Экономическая целесообразность.* В перспективе онлайн-голосование на основе блокчейна может сэкономить значительную часть материальных и людских ресурсов [1; 13]. Данная форма голосования позволяет избежать затрат на печать бумажных бюллетеней, транспортировку, установку видеокамер и прочие организационные процедуры. Кроме того, сокращение количества избирательных участков дает возможность уменьшить финансовые расходы на оплату труда членов избирательных комиссий.

3. *Эффективность.* Использование блокчейна в сочетании со смарт-контрактами позволяет автоматизировать большую часть избирательного процесса. Автоматизируя такие этапы, как регистрация избирателей, подсчет бюллетеней и подведение итогов голосования, можно существенно снизить административную нагрузку [1; 13; 22].

4. *Повышение качества электорального процесса.* Сведение к минимуму ошибок при заполнении и подсчете голосов избирателей, допущенных по причинам, связанным с так называемым «человеческим фактором». Минимизация бюрократических процедур за счет сокращения количества членов избирательных комиссий [1]. В России в последнее время прослеживается тенденция по сокращению числа участковых избирательных комиссий практически во всех регионах, что отчасти объясняется активным использованием ДЭГ⁸.

5. *Рост доверия избирателей.* Постоянное подкрепление позитивным опытом, позволяющим избирателям убедиться в прозрачности и эффективности данной технологии, в перспективе могло бы восстановить доверие граждан к избирательной системе своей страны [22].

Ограничения / угрозы:

1. *Угрозы кибербезопасности.* Хотя блокчейн может обеспечить достаточно высокий уровень защищенности, платформы онлайн-голосования по-прежнему уязвимы для некоторых внешних киберугроз, таких как DoS и DDoS-атаки, атака большинства («атака 51%»), атака Сивиллы и другое [19].

2. *Цифровое неравенство.* Новая технология может стать дополнительным барьером для людей из отдаленных и сельских районов, где отсутствует постоянный доступ к Интернету и соответствующая цифровая инфраструктура [19].

3. *Проблема доверия.* Технологическая сложность блокчейна может мешать его внедрению в избирательный процесс [22; 23]. Для большинства граждан блокчейн представляется «черным ящиком», в котором невозможно отследить любые изменения его состояния. Многие избиратели могут испытывать недоверие к технической стороне онлайн-голосования в силу отсутствия соответствующих цифровых навыков и компетенций.

⁸ В большинстве регионов сокращается количество участковых избирательных комиссий // Ведомости [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2023/11/02/1003817-v-bolshinstve-regionov-sokraschaetsya-kolichestvo-izbiratelnih-komissii> (дата обращения: 13.05.2024).

4. *Проблема идентификации и аутентификации избирателей.* В действительности очень сложно проверить личность избирателя, который голосует дистанционно. Ничто не гарантирует, что голосующий является тем человеком, за которого он себя выдает [9, с. 48; 17, с. 23; 19; 20, с. 6]. Эта проблема влечет риск того, что данные от учетной записи (аккаунта), необходимые для доступа к голосованию, могут быть переданы или проданы третьим лицам.

5. *Проблема правового регулирования.* Внедрение блокчейн-голосования может вызвать проблемы правового регулирования, что связано с недостаточной разработанностью нормативно-правовой базы [24, с. 25–30]. Правовое регулирование в данной области не успевает за технологическим развитием [21]. Для перехода к блокчейн-голосованию потребуется существенное изменение правовых избирательных стандартов.

6. *Проблема общественного контроля.* Сложность обеспечения наблюдения за ходом голосования. Для полноценного понимания процесса наблюдатель должен обладать специальными знаниями в области компьютерных технологий и криптографии. Далеко не каждая политическая партия может обеспечить работу такого специалиста.

Таблица 1

SWOT-анализ систем онлайн-голосования на основе блокчейна

Внутренние факторы	
Сильные стороны / преимущества	Слабые стороны / недостатки
1. Безопасность и надежность. Обеспечение защиты и целостности данных, используемых в процессе голосования.	1. Масштабируемость. С ростом количества участников сети скорость обработки транзакций увеличивается.
2. Децентрализация. Отсутствие единого центра управления, что обеспечивает устойчивость системы к вмешательствам извне.	2. Технические уязвимости. Технические уязвимости, ошибки в коде, злоупотребления разработчиков и др.
3. Прозрачность. Возможность просматривать транзакции и отслеживать ход голосования.	3. Проблема координации и согласования. Устранение ошибок и неисправностей занимает больше времени, чем в централизованных системах.
4. Анонимизация результатов выборов и обеспечение тайны голосования. Голоса сохраняются в обезличенном виде, в результате чего их невозможно сопоставить с данными конкретных избирателей.	4. Проблема совместимости. Многообразие и дифференциация блокчейн-платформ.
	5. Противоречие между верифицируемостью и обеспечением тайны голосования.

Внешние факторы	
Возможности	Угрозы / ограничения
1. Доступность. Возможность голосовать вне зависимости от своего местоположения.	1. Угрозы кибербезопасности (DoS и DDos-атаки, атака 51%, атака Сивиллы и др.).
2. Экономическая целесообразность. Сокращение затрат на организацию и проведение выборов. Экономия финансовых и человеческих ресурсов.	2. Цифровое неравенство. Отсутствие постоянного доступа к Интернету у населения из отдаленной и сельской местности. Низкая цифровая грамотность.
3. Эффективность. Снижение административной нагрузки. Сокращение времени на подсчет голосов и подведение итогов голосования.	3. Проблема доверия. Блокчейн является «черным ящиком» для большинства граждан. Отсутствие специальных знаний, необходимых для глубокого понимания процесса блокчейн-голосования.
4. Улучшение качества электорального процесса. Уменьшение бюрократизации. Сведение к минимуму т.н. «человеческого фактора».	4. Проблема идентификации и аутентификации избирателей. Возможность регистрации фейковых аккаунтов. Передача (продажа) данных от личного кабинета третьим лицам.
5. Рост доверия со стороны избирателей.	5. Проблема правового контроля. Недостаточная разработанность нормативно-правовой базы.
	6. Проблема общественного контроля. Сложность процедуры проверки и внешнего наблюдения.

Источник: составлено автором

Заключение

Проведенный анализ показывает, что использование технологии блокчейн в системах онлайн-голосования, с одной стороны, несет в себе ряд преимуществ и широких возможностей, а с другой — имеет слабые стороны и сопряжен с внешними рисками и угрозами. Технология блокчейн позволяет достаточно безопасно и эффективно проводить голосование любого уровня. Благодаря децентрализованной структуре блокчейна, все записи о голосовании распределяются между множеством узлов сети, что гарантирует их целостность и повышает устойчивость к внешним воздействиям. Криптографически защищенные записи сохраняют анонимность участников голосования, оставаясь при этом открытыми для публичной проверки.

В то же время его применение сопряжено с рядом новых проблем и ограничений, многие из которых до сих пор остаются нерешенными. Среди исследователей наиболее часто упоминаются такие проблемы, как идентификация избирателей и масштабируемость. Юристы указывают

на нестабильность и незрелость правового регулирования данной технологии. Специалисты по информационной безопасности отмечают, что по-прежнему сохраняются риски технологических сбоев, ошибок в программном обеспечении, а также уязвимость к кибератакам.

Важно обеспечить высокий уровень доверия граждан к данному способу голосования. Технологическая сложность блокчейна может стать препятствием для его более широкого использования в системах онлайн-голосования. Значительной части населения не хватает специальных технических знаний для понимания процессов и принципов, на которых строится работа блокчейн-сети. Отсюда возникают сомнения и предубеждения относительно достоверности результатов голосования.

В связи с этим потребуется проведение просветительской работы с населением, которая бы включала в себя предоставление доступной и систематизированной информации об основных технических деталях работы блокчейна и смарт-контрактов; объяснение механизмов защиты информации, проверки личности и процесса подсчета голосов; комплекс мероприятий по повышению цифровой грамотности избирателей. Также необходимо создание и развитие эффективной системы общественного контроля, которая бы содержала и визуальное наблюдение за ходом голосования, и участие независимого экспертного сообщества в проверке (аудите) и тестировании программного обеспечения.

Будущая работа по совершенствованию блокчейн-голосования также предполагает постоянное улучшение криптографических методов, инструментов мониторинга и тестирования. Проблему идентификации и аутентификации избирателей могло бы решить использование биометрических инструментов, в частности сканирования отпечатков пальцев, радужной оболочки глаза, формы лица и так далее.

В заключение хотелось бы отметить, что блокчейн — относительно новое явление, а потому существующих эмпирических данных пока еще недостаточно для полноценной оценки его вклада в создание подлинно надежной и прозрачной системы голосования. При этом сам вопрос использования блокчейна в системах онлайн-голосования носит комплексный характер. Это значит, что для успешного его внедрения помимо чисто технических аспектов необходимо учитывать целый ряд социальных, правовых и политических факторов⁹.

Список литературы

1. Алексеев Р.А., Абрамов А.В. Проблемы и перспективы применения электронного голосования и технологии избирательного блокчейна в России и за рубежом // Гражданин. Выборы. Власть. 2020. № 1.

⁹ Продолжение темы на с. 194.

2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс]. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 01.05.2024).
3. Pierro M.D. What Is the Blockchain? // *Computing in Science & Engineering*. 2017. Vol. 19(5).
4. Rajeev S., Geetha G. Cryptographic Hash Functions: A Review // *International Journal of Computer Science Issues*. 2012. Vol. 9.
5. Blockchain Facts: What is It, How It Works, and How It Can Be Used // *Investopedia* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp> (дата обращения: 02.05.2024).
6. Пряников М.М., Чугунов А.В. Блокчейн как коммуникационная основа формирования цифровой экономики: преимущества и проблемы // *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Т. 5. № 6.
7. Алексеев Р.А. Блокчейн как избирательная технология нового поколения — перспективы применения на выборах в современной России // *Вестник Московского государственного областного университета*. 2018. № 2.
8. Альбиков Р.Ф. Перспективы применения блокчейн-технологии в избирательной системе // *Теория государства и права*. 2019. № 2.
9. Кутейников Д.Л. Особенности применения технологий распределенных реестров и цепочек блоков (блокчейн) в народных голосованиях // *Актуальные проблемы российского права*. 2019. № 9.
10. Мячин Д.А., Лукин В.Н., Минкин Д.Ю. Информационные технологии в избирательном процессе: управление системой подсчета голосов с помощью распределенного реестра данных // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. 2019. № 4.
11. Третьякова С.В., Свищева И.В. Исследование возможностей применения блокчейн-технологии для обеспечения прозрачности и безопасности в сфере голосования на выборах // *Моя профессиональная карьера*. 2023. № 48.
12. Паскарь В., Гагарина Л.Г., Слюсарь В.В. Разработка методики и комплекса программных средств для дистанционного электронного голосования на основе технологии блокчейн-платформы Ethereum // *Известия высших учебных заведений. Электроника*. 2021. Т. 26. № 6.
13. Трубочкина Н.К., Поляков С.К. Система электронного голосования на основе технологии блокчейн с использованием смарт-контракта // *Информационные технологии*. 2019. Т. 25. № 2.
14. Hjalmarsson F.P., Hreiðarsson G.K., Hamdaqa M., Hjalmtýsson G. Blockchain-based e-voting system. *Proceedings of the 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*. San Francisco: CA, 2018.
15. Enguehard C. Blockchain and Electronic Voting // *Technologie de l'information, culture & société*. 2019. № 124 [Электронный ресурс]. URL: <https://journals.openedition.org/terminal/4190> (дата обращения: 09.05.2024).
16. Park S., Specter M., Narula N., Rivest R.L. Going from bad to worse: From Internet voting to blockchain voting // *Journal of Cybersecurity*. 2021. Vol. 7.
17. Berenjestanaki M.H., Barzegar H.R., El Ioini N., Pahl C. Blockchain-based e-voting systems: a technology review // *Electronics*. 2024. Vol. 13. No. 1.

18. Jafar U., Ab Aziz M.J., Shukur Z., Hussain H.A. A Systematic Literature Review and Meta-Analysis on Scalable Blockchain-Based Electronic Voting Systems // *Sensors*. 2022. Vol. 22.
19. Benabdallah A., Audras A., Coudert L., El Madhoun N., Badra M. Analysis of Blockchain Solutions for E-Voting: A Systematic Literature Review // *IEEE Access*, 2022. Vol. 10.
20. El Kafhali S. Blockchain-Based Electronic Voting System: Significance and Requirements // *Mathematical Problems in Engineering*. 2024. Vol. 1.
21. Ларичев А.А., Ржановский В.А. Развитие дистанционного электронного голосования в России: конституционно-правовой аспект // *Журнал российского права*. 2022. Т. 26. № 9.
22. Kshetri N., Voas J. Blockchain-Enabled E-Voting // *IEEE Software*. 2018. Vol. 35(4).
23. Jafar U. Blockchain for Electronic Voting System-Review and Open Research Challenges // *Sensors*. 2021. Vol. 321(17).
24. Колюшин Е.И. Правовые проблемы дистанционного электронного голосования избирателей // *Конституционное и муниципальное право*. 2020. № 2.