

УДК 378.1

DOI 10.30914/2072-6783-2023-17-1-38-48

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

В. И. Токтарова¹, Н. А. Вершинин^{1,2}

¹Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

²ООО «Студия цифровых решений», г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Блокчейн как одна из современных перспективных технологий распределенного реестра сегодня может оказать потенциальное влияние на сферу высшего образования в области управления цифровыми данными и обучением. **Цель:** раскрытие и обоснование возможности и перспектив внедрения технологии блокчейн в сферу высшего образования. **Материалы и методы.** Материалами исследования послужили научные работы и нормативные документы, освещающие вопросы цифровой трансформации образования. Были использованы теоретические, эмпирические и математические методы исследования. **Результаты исследования, обсуждения.** В работе рассматриваются вопросы, связанные с описанием аспектов внедрения технологии блокчейн в систему высшего образования. Рассмотрены основные тематические области применения технологии блокчейн в системе высшего образования: формирование и выдача цифровых дипломов и сертификатов, контроль успеваемости и образовательной активности студентов, совместное использование образовательных ресурсов и материалов, идентификация студентов, подтверждение авторского права, хранение документации и внедрение смарт-контрактов. Дано описание современных блокчейн-платформ (Ethereum, Hyperledger Fabric, Quorum). Выявлены основные преимущества и барьеры использования технологии блокчейн в системе высшего образования. Приведен анализ образовательных программ и курсов по изучению блокчейн-технологии на международных и отечественных платформах электронного обучения. Дано описание авторского программного модуля для идентификации пользователей информационной системы на основе технологии блокчейн. **Заключение.** Делается вывод о том, что блокчейн обладает высоким потенциалом для обеспечения и цифровой трансформации сферы образования. При этом в отечественной практике большинство образовательных блокчейн-проектов находится на стадии разработки и апробации.

Ключевые слова: цифровизация образования, сквозные цифровые технологии, технологии распределенного реестра, технология блокчейн, система высшего образования, студент, вуз

Благодарности: работа была выполнена в рамках реализации Федеральной инновационной площадки Минобрнауки РФ «Модель непрерывной подготовки педагогов в новой цифровой реальности» (2021–2025 гг.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Токтарова В. И., Вершинин Н. А. Технология блокчейн в системе высшего образования: возможности и перспективы внедрения // Вестник Марийского государственного университета. 2023. Т. 17. № 1. С. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.30914/2072-6783-2023-17-1-38-48>

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION

V. I. Toktarova¹, N. A. Vershinin^{1,2}

¹Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

²Digital Solutions Studio LLC, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Blockchain as one of the modern promising technologies of the distributed ledger today can have a potential impact within higher education in the field of digital data management and learning. **Purpose:** to reveal and justify the possibilities and prospects for the implementation of blockchain technology in the sector of higher education. **Materials and methods.** The materials of the study were scientific papers and regulatory documents covering the issues of digital transformation of education. Theoretical, empirical and mathematical research methods were used in the work. **Results, discussion.** The paper deals with issues related to the description of aspects of the implementation of blockchain technology in the higher education system. The main thematic areas of application of blockchain technology in the system of higher education are

considered: the formation and issuance of digital diplomas and certificates, monitoring the progress and educational activity of students, sharing educational resources and materials, identifying students, confirming copyright, storing documentation and implementing smart contracts. The description of modern blockchain platforms (Ethereum, Hyperledger Fabric, Quorum) is given. The main advantages and barriers of using blockchain technology in the higher education system are identified. The analysis of educational programs and courses on the study of blockchain technology in international and domestic e-learning platforms is given. A description of the author's software module for identifying users of an information system based on blockchain technology is proposed. **Conclusion.** It is concluded that the blockchain has a high potential for providing and digital transformation of the education sector. At the same time, in domestic practice, most educational blockchain projects are at the stage of development and testing.

Keywords: digitalization of education, digital technologies, distributed ledger technologies, blockchain technology, higher education system, student, HEI

Acknowledgments: The work was carried out as part of the implementation of the Federal Innovation Platform of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Model of Continuous Training of Educators within New Digital Reality" (2021–2025).

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Toktarova V. I., Vershinin N. A. Blockchain technology in the higher education system: opportunities and prospects for implementation. *Vestnik of the Mari State University*, 2023, vol. 17, no. 1, pp. 38–48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2072-6783-2023-17-1-38-48>

Введение

Сегодня блокчейн – это новая и перспективная технология, владеющая потенциалом для создания новых социально-экономических парадигм. Из всех современных цифровых технологий блокчейн является одной из самых непростых в освоении, однако ее применение может способствовать трансформации общественной жизни и обеспечению глобального роста многих отраслей экономики. В рамках Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»¹ определены приоритеты, одним из которых является внедрение новых форматов государственного управления на основе сквозных цифровых технологий, в т. ч. и блокчейн.

Блокчейн (англ. – blockchain) – это усовершенствованный механизм распределенной базы данных, информация в которой хранится в хронологической последовательности и связана между собой цепочкой блоков. Технология имеет встроенные механизмы защиты от несанкционированного ввода или изменения информации в реестре [2].

Первоначально блокчейн использовался лишь для создания и регулирования криптовалют, од-

нако сфера применения данной технологии гораздо шире. Благодаря исследователям и разработчикам технология блокчейн проникла в различные сферы общественной жизни и область образования не стала исключением.

По мнению исследователей G. Chen, B. Xu и M. Lu [4], изобретение технологии блокчейн можно считать Четвертой промышленной революцией, эту новую эру авторы называют «Интернетом обмена ценностями».

В работе H. Rocha и S. Ducasse [8] подчеркивается, что главной мотивацией к внедрению блокчейна в различные сферы является обеспечение защищенной инфраструктуры, которая устраняет сосредоточение полноты контроля за данными в одной структуре. Блокчейн устраняет необходимость в центральном управляющем органе для хранения и подтверждения достоверности данных. По этой причине применение блокчейна положительно повлияет на сферу высшего образования, поскольку он может устранить такие проблемы, как фальсификация сертификатов и дипломов, а также обеспечить быструю проверку их подлинности.

В частности, А. А. Сидорова [3] приводит возможности применения технологии блокчейн в учреждениях высшего образования, рассматривает процессы, которые могут быть модернизированы с внедрением новой технологии. Автор

¹ Цифровая экономика РФ // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 11.01.2023).

обращает внимание на существующие проблемы и ограничения для внедрения блокчейна, к примеру, недостаточная информированность общества о принципах блокчейна. Тем не менее, по данным прогноза DemandSage¹ с 2023 по 2030 год, мировая индустрия блокчейн-технологий будет расти со среднегодовым темпом роста в 85,9 %.

Так, согласно результатам Международного исследования Data Breach Investigations Report 2022², с каждым годом растет число нарушений конфиденциальности и безопасности персональных данных в сфере образования. В исследовании отмечается, что в образовательном секторе в 2022 году наблюдался резкий рост количества атак с использованием программ-вымогателей (+30 %), по сравнению с 2021 годом. В рейтинге категорий данных, которые были собраны в 2022 году, находятся персональные данные со значительной долей в 63 % и учетные данные от различных образовательных сервисов и порталов – 23 %. Авторы обращают внимание на необходимость обеспечения защиты от кражи данных и атак, потенциально раскрывающих личную информацию сотрудников и студентов.

Технология блокчейн получила свое распространение благодаря своей ключевой характеристике – обеспечению конфиденциальности данных, поэтому ее применение в образовании особенно актуально. В настоящее время система высшего образования проходит активную стадию цифровой трансформации, в связи с чем перед учебными заведениями возникают проблемы обеспечения конфиденциального хранения персональных данных обучающихся, контроль за успеваемостью студентов, переход к цифровым дипломам и многое другое.

Таким образом, *целью* нашего исследования является раскрытие и обоснование возможности и перспектив внедрения технологии блокчейн в сферу высшего образования.

Материалы и методы

При проведении исследования были использованы следующие методы: теоретические (ана-

лиз нормативных источников, специальной литературы; структурно-функциональный и контент-анализ); эмпирические (анкетирование, опрос, беседа, экспертная оценка); математические (методы математической статистики, математическое моделирование).

Методологическую базу исследования составили научные труды российских и зарубежных ученых С. В. Беззатеева, Б. С. Гольдштейна, М. В. Горбунова, Р. В. Киричкова, М. М. Комарова, В. В. Корхова, К. Е. Самуйловыма, А. Я. Омётова, S. Kasahara, G. Chen, B. Xu, M. Lu, Q. Xia, Y. Sun, L. Cocco, H. Rocha, S. Ducasse и другие. Задачам обеспечения безопасности информации при ее хранении в распределенных системах посвящены исследования В. В. Бирюкова, Д. А. Заколдаева, Н. С. Кармановского, Е. А. Крука, Ю. Н. Матвейевой, Е. А. Тюрликова, В. А. Яковлева и других.

Результаты исследования, обсуждения

Существует ряд характерных особенностей блокчейн, которые делают данную технологию привлекательной для применения в образовательном секторе. К ним относятся неизменяемость, надежность, доступность и доверие.

На основе структурно-содержательного анализа исследований выделим основные тематические области применения технологии блокчейн в системе высшего образования.

1. Формирование и выдача цифровых дипломов и сертификатов. Процесс выдачи цифровых дипломов и сертификатов включает в себя три этапа: создание, подтверждение и передачу. Цифровые документы будут эффективны только при возможности проверки их подлинности, которую может обеспечить применение блокчейна. На рисунке 1 представлен сценарий проверки диплома, в котором участвует университет, студент и потенциальный работодатель. Следует обратить внимание на то, что проверка подлинности происходит только с помощью блокчейна без обращения к каким-либо органам. Информация о студенте, хранящаяся в блокчейне, надежно защищена, а студент либо образовательное учреждение может контролировать круг лиц, которые имеют доступ к этой информации. Каждый, кто получит копию диплома, сможет легко проверить его подлинность, а также посмотреть сведения об учебной организации, которая его выдала.

¹ Blockchain Statistics 2023. URL: <https://www.demandsage.com/blockchain-statistics/> (дата обращения: 28.12.2022).

² Data Breach Investigations Report 2022. URL: <https://www.verizon.com/business/en-gb/resources/2022-data-breach-investigations-report-dbir.pdf> (дата обращения: 28.12.2022).

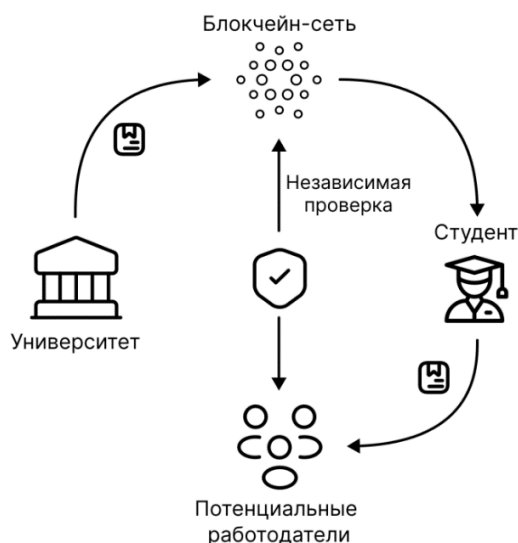


Рис. 1. Процесс проверки подлинности диплома / Fig. 1. The process of verifying the authenticity of the diploma

Сегодня существуют решения, которые позволяют подписывать электронные дипломы и сертификаты с помощью цифровой подписи, тем самым гарантируя их достоверность. Однако цифровые подписи все также зависят от регулирующих органов, которые их выпускают и подтверждают. В этом аспекте блокчейн предлагает полную автономию, устраняя необходимость участия третьих лиц.

Так, в работе М. Sharples и J. Domingue [9] указано, что Никосийский университет (Кипр) стал первым вузом в мире, который стал выдавать академические сертификаты с проверкой подлинности на основе технологии блокчейн. При этом проверка подлинности дипломов может осуществляться как на базе одного образовательного учреждения, как, например, в Школе Холбертон (Holberton School, Сан-Франциско, США), которая использует внутривузовскую цепочку блоков для аутентификации сертификатов и дипломов, так и в консорциуме учебных и научных организаций¹. Кроме того, для разных уровней образования может быть создана собственная база данных академических документов на основе технологии блокчейн.

2. *Контроль успеваемости и образовательной активности студентов.* Технология блокчейн позволяет записывать данные в распределенную

базу в хронологическом порядке с использованием временных меток, для предотвращения фальсификации данных используются криптографические алгоритмы. Эти свойства подходят для хранения записей о прогрессе, компетенциях и успеваемости студентов.

Хронологическая запись информации – эффективный инструмент регистрации данных об обучении в онлайн-образовании. С использованием блокчейн можно записывать такие данные, как время, затраченное на изучение курса или модуля, учебные файлы и результаты оценочных тестов. Они будут храниться в хронологическом порядке, а каждая запись данных будет помечена временной меткой. Точность данных защищена криптографическим методом записи, что исключает такие риски, как фальсификация или удаление. Благодаря децентрализации, распределенной базе данных и коллективному использованию блокчейна, любая образовательная платформа или организация сможет отследить прогресс обучения студентов по времени и их образовательную активность. Это позволит повысить эффективность работы платформы и снизить затраты на обслуживание оборудования.

В частности, еще в 2016 году образовательная технологическая компания Sony Global Education заявила, что успешно адаптировала технологию блокчейн для обеспечения «открытого и безопасного обмена данными об академической успеваемости и образовательной активности

¹ Clark D. 10 ways Blockchain could be used in education. URL: <https://oeb.global/oeb-insights/10-ways-blockchain-could-be-used-in-education/> (дата обращения: 28.12.2022).

обучающихся»¹. Технология блокчейн с ее распределенными реестрами данных позволила зафиксировать подробную информацию об образовательных достижениях, приобретенных учащимися компетенциях, истории прохождения обучения, и предоставить студенту полный отчет о его траектории обучения и формирования необходимых компетенций [6].

3. *Совместное использование образовательных ресурсов и материалов.* В настоящее время существует множество различных образовательных онлайн-платформ, предлагающих множество курсов с разнообразным содержанием. Тем не менее курсы распространяются только на своих платформах из-за различных ограничений способов предоставления данных, авторских прав и так далее. Студенты, прошедшие различные онлайн-курсы, зачастую сталкиваются с невозможностью перезачесть пройденные дисциплины в своей образовательной организации.

Система обмена образовательными ресурсами и материалами на основе блокчейна является автономной системой, которая реализует полную, достоверную и открытую регистрацию совместного использования. Создание такой системы может помочь университетам установить долгосрочные эффективные связи между участниками образовательного процесса, способствовать развитию программ высшего образования, а также повышению качества подготовки специалистов.

К примеру, группа гонконгских исследователей J. Zhong и др. предложила использовать блокчейн-платформу Ethereum для электронного изучения лексики и фразеологии [11]. А многофункциональная платформа Disciplina² применяет блокчейн для ведения единого реестра учебных планов университетов, профилей профессоров, перечней образовательных курсов, что обеспечит прозрачность работы и создаст условия для сохранения конфиденциальности и достоверности информации, предъявляемой участниками системы.

¹ Sony Global Education. Sony global education develops technology using Blockchain for open sharing of academic proficiency and progress records. URL: <https://www.sony.com/en/SonyInfo/News/Press/201602/16-0222E/> (дата обращения: 28.12.2022).

² Многофункциональный блокчейн-проект Disciplina. URL: <https://builtin.com/company/disciplina> (дата обращения: 28.12.2022).

4. *Идентификация студентов.* Студентам и преподавателям необходимо регулярно идентифицировать себя в различных подразделениях университета или в корпоративных информационных системах. Чаще всего это происходит с использованием пропускных кампусных карт и/или биометрической идентификации. Следовательно, обучающиеся и сотрудники не могут контролировать то, как хранятся персональные данные и кто имеет к ним доступ. Чтобы обеспечить безопасность данных, необходимо контролировать права доступа к ним: данные могут быть надежно защищены от взлома в сети блокчейн. К примеру, после зачисления студента в университет ему выдается уникальный идентификатор в сети блокчейн в качестве ключа доступа. С помощью данного идентификатора и специального мобильного приложения студент может использовать биометрический профиль для прохода через пропускную систему или аккаунт для доступа к образовательным ресурсам. В результате, у студента будет полный контроль над своими данными: он может просматривать, когда и кто запросил доступ к его персональным данным, а университет в свою очередь может отозвать действие идентификатора при выпуске или отчислении студента. Благодаря своей неизменности, прозрачности и надежности, технология блокчейн может не только радикально сократить подделки дипломов [6], но и контролировать ежедневную мобильность студентов, преподавателей и сотрудников.

5. *Подтверждение авторского права.* Благодаря Интернету индустрия цифрового авторского права стремительно развивается в свою очередь блокчейн ускоряет инновации в области его защиты. Используя данную технологию, можно зафиксировать факт и момент создания объекта интеллектуальной собственности. Например, извлечение данных из распределенного реестра цифровых объектов может быть единственным источником доказательств того, что конкретное лицо обладает юридическим правом на объект.

В традиционной модели защиты авторских прав существует ряд проблем, включая трудности с регистрацией и подтверждением, сложности с отслеживанием нарушений авторского права. Создание единой платформы защиты авторских прав на основе блокчейна предоставляет уникальную возможность решить вышеупомянутые проблемы, позволяет устранить проблемы,

связанные с традиционными методами регистрации, преодолевает пространственные и временные ограничения и позволяет любому автору зарегистрировать и подтвердить свои права. Но в то же время исследователи А. Mohammad и др. [7] вопросы, связанные с регулированием интеллектуальной собственности и авторского права, отнесли к основным барьерам, влияющим на широкое внедрение технологии блокчейн высшими учебными заведениями.

6. *Хранение документации.* Хэширование представляет собой преобразование любого объема информации в уникальный набор символов, который присущ только этому массиву входящей информации [1]. Каждый блок в сети блокчейна

криптографически связан с предыдущим блоком путем записи хэша предыдущего блока в хэш текущего блока. Высокая устойчивость блокчейна к взлому предотвращает подделку документов и упрощает процесс проверки. Хранение всех копий документа в блокчейне технически возможно, однако использование такой практики может быть ограничено размером файла. С другой стороны, хэши документов имеют минимальный размер и поэтому являются более эффективным вариантом для хранения в блокчейне. При каждом изменении документа его криптографический хэш будет изменяться, что обеспечит защиту подлинности и целостности документа (рис. 2).

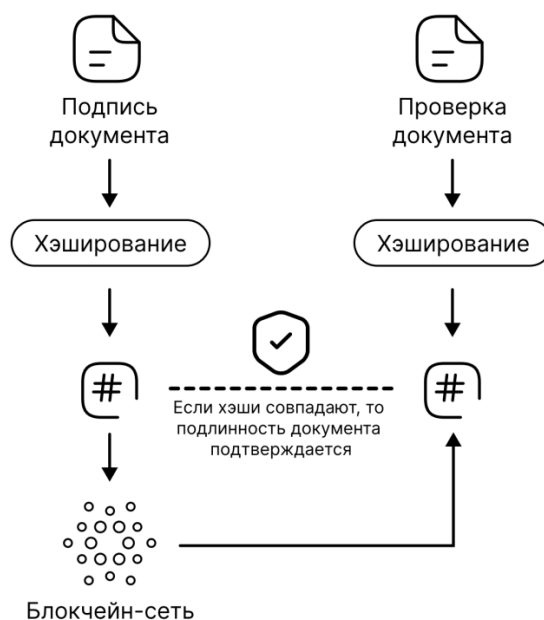


Рис. 2. Процесс подписи и проверки подлинности документа /
Fig. 2. The process of signing and verifying the authenticity of the document

Исходя из вышеперечисленных особенностей, использование технологии блокчейн для хранения документов или их хэшей дает множество преимуществ, включая простоту проверки и устойчивость к взлому.

7. *Внедрение смарт-контрактов.* Смарт-контракт (англ. – smart contract) – это алгоритм определенных действий, записанный в виде программы в сеть блокчейн [5]. Действия, прописанные в смарт-контракте, выполняются автоматически только при соблюдении установленных договоренностей. Внедрение смарт-контрактов на основе технологии блокчейн не только снижает затраты участников процесса на этапе проведения

транзакции, но и повышает ее стабильность и безопасность. В вузах смарт-контракты чаще всего используются только для выдачи цифровых дипломов и сертификатов после освоения образовательной программы, однако их сфера применения не ограничивается только этим. Смарт-контракты могут использоваться для распределенного хранения файлов, администрирования онлайн-обучения, управления идентификацией и так далее. В работе M. Swan [10] описаны возможности использования смарт-контрактов при администрировании и организации процесса обучения в условиях массовых открытых онлайн-курсов для обучающихся из любой точки мира.

Несмотря на то, что технология блокчейн находится на ранней стадии своего развития, она уже признана «правильной технологией»¹ для перестройки фундаментальной системы образования. Реализация блокчейн-технологии в образовательном учреждении может быть основана как на собственной, так и на сторонней блокчейн-платформе. В настоящее время наиболее популярными и широко используемыми платформами в системе высшего образования на основе технологии блокчейн и распределенного реестра являются следующие.

Ethereum (<https://ethereum.org/ru>) – это самая популярная публичная платформа для разработки децентрализованных приложений на блокчейне. Именно на ней впервые были внедрены смарт-контракты. Помимо возможности выполнения предопределенных действий, каждый смарт-контракт на Ethereum имеет свой уникальный адрес в блокчейне, что делает его также автономным типом счета, на котором могут храниться средства. Любой пользователь может начать блокчейн-разработку в тестовой или частной сети, используя инструменты платформы, не сталкиваясь с расходами на разработку собственной системы.

Hyperledger Fabric (<https://www.hyperledger.org/use/>) – программная платформа с открытым исходным кодом, предоставляющая необходимые инструменты для разработки как децентрализованных, так и централизованных блокчейн-систем с правами доступа. Проект позиционирует себя как универсальное решение для организаций, которые хотят интегрировать блокчейн-проекты в свои бизнес-процессы. По своей архитектуре схож с Ethereum. Платформа поддерживает смарт-контракты, предоставляет модульную конфигурацию, что придает ей универсальность, благодаря которой разработчики могут выбирать нужные сервисы, такие как алгоритм консенсуса, типы смарт-контрактов и так далее.

Quorum (<https://consensys.net/quorum/>) – платформа с открытым исходным кодом, разработанная на основе системы Ethereum и направленная на усовершенствование технологии блокчейн. Она была создана для финансового сектора, однако быстро приобрела популярность и в других сферах, включая образовательную. К возможно-

стям платформы можно отнести поддержку смарт-контрактов, отсутствие необходимости в криптовалюте, масштабирование, низкие требования к вычислительным мощностям.

Таким образом, много областей деятельности системы высшего образования могут являться потенциальным бенефициаром технологии блокчейна. Однако, анализируя представленные результаты исследования, данная технология в сфере образования используется не в полной мере. Большая часть источников посвящена описанию будущих возможностей использования технологии и платформ блокчейн или заявлениям о переносе некоторых ее аспектов реализации из различных отраслей в образовательную область. Зафиксированных случаев фактического применения в образовании значительно меньше, и в основном это пилотные проекты или эксперименты в рамках одного или консорциума образовательных учреждений.

Выделим основные преимущества использования технологии блокчейн в системе высшего образования:

– *безопасность*: использование блокчейна обеспечивает безопасность и конфиденциальность данных, которыми обмениваются предполагаемые стороны. Достижение безопасности реализуется с помощью алгоритма консенсуса – набора определенных математических правил, которые позволяют достичь соглашения между всеми участниками сети, использования криптографических хэшей и подписей;

– *надежность*: децентрализация хранения данных обеспечивает высокую сохранность, чем в случае централизованной системы. За счет децентрализации хранения повышается надежность системы передачи данных, получение информации всеми заинтересованными лицами, позволяя сохранить валидный информационный обмен;

– *прозрачность*: блокчейн, благодаря своей открытой природе, способствует доверию и полной прозрачности. Даже без доступа к открытым записям можно проверить их целостность и достоверность. К примеру, перевод всего документооборота образовательной организации на блокчейн увеличит скорость обработки документов, обеспечит прозрачность и невозможность утраты, порчи или его подделки;

– *доступность*: благодаря системе все данные хранятся в открытом доступе и не могут

¹ Blockchain Education: 9 Examples to Know. URL: <https://builtin.com/blockchain/blockchain-education> (дата обращения: 28.12.2022).

быть потеряны, поскольку записи в блокчейне реплицируются в нескольких узлах. Доступность данных, хранящихся в блокчейне, гарантируется, поскольку система является надежной и устойчивой к потерям, повреждению и атакам на безопасность хранения данных;

– *стоимость*: технология блокчейна позволяет существенно снизить затраты, к которым можно отнести стоимость хранения данных, сопутствующие транзакционные издержки, стоимость оперирования с образовательными материалами. Использование публичной или частной распределенной сети, к которой можно получить доступ из любой точки, значительно снижает стоимость традиционного облачного хранения.

Тем не менее ограниченное внедрение технологии блокчейн в систему высшего образования объясняется несколькими факторами:

– *трудности развертывания технологии*, которые могут быть связаны с проблемами управления, масштабируемости, производительности и пропускной способности, действенности смарт-контрактов в качестве обязательных соглашений, также и технические навыки специалистов, необходимые для разработки и развертывания блокчейн-приложений;

– *стандартизация и правовые аспекты* реализации блокчейн-технологии в части соответствия законодательству, конфиденциальности и защиты данных пользователей. Это относится ко всем элементам экосистемы блокчейн (криптовалюты, смарт-контракты, платформы и т. д.);

– *отсутствие институционального доверия*, которое может быть преодолено путем изучения данной технологии и информирования о ее возможностях. Распределенные реестры в сфере образования могут быть более эффективными, чем нынешние системы администрирования. Они расширяют возможности учащихся и сотрудников, предоставляя им контроль над своими персональными данными;

– *расходы на внедрение*: хотя реализация блокчейн-платформ может сэкономить деньги в других областях, принятие и внедрение новой технологии стоит недешево (стоимость оборудования, модификации существующей инфраструктуры, обучения персонала и др.);

– *недостаток осведомленности*: образовательные учреждения могут просто не иметь ба-

зовых представлений о технологии, что затрудняет убеждение в преимуществах ее использования. Сотрудники и другие заинтересованные стороны должны сосредоточиться на создании успешных бизнес-кейсов, демонстрирующих возможности блокчейна.

Так, А. Mohammad и др. [7] приводят следующий перечень барьеров, препятствующих широкому внедрению технологии блокчейн в деятельность образовательных учреждений:

– технологические барьеры (незрелость технологии, неудобство использования, отсутствие масштабируемости, ограниченная совместимость и стандартизация, сложность интеграции, конфиденциальность, неизменяемость и отсутствие гибкости);

– организационные барьеры (отсутствие квалифицированного и сертифицированного персонала, финансовые барьеры, отсутствие приверженности и поддержки со стороны руководства);

– барьеры окружающей среды (правовые вопросы, отсутствие нормативного регулирования, неготовность рынка и экосистемы, проблемы устойчивого развития).

Учитывая солидный перечень недостатков и барьеров, препятствующих внедрению технологии блокчейн в систему высшего образования, тем не менее, многие передовые образовательные учреждения мира уже приступили к трансформации учебного процесса на основе блокчейн-технологии. Большинство из них предлагают образовательные программы и курсы по изучению данной технологии. Так, на сегодняшний день на международной платформе открытых онлайн-курсов Coursera¹ насчитывается 276 курсов для различных уровней образования, посвященных технологии блокчейн. Более скромно представлены показатели в отечественной среде онлайн-обучения: на платформе «Открытое образование»² и в системе «Современная цифровая образовательная среда»³ размещены 14 курсов, описывающих технологии блокчейн и распределенного реестра. В основном это дисциплины по применению блокчейн в области финансов, страхования,

¹ Coursera. URL: <https://ru.coursera.org/> (дата обращения: 11.01.2023).

² Открытое образование. Курсы ведущих вузов России. URL: <https://openedu.ru/> (дата обращения: 11.01.2023).

³ Современная цифровая образовательная среда. URL: <https://online.edu.ru/public/courses> (дата обращения: 11.01.2023).

правового регулирования. К примеру, в ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» дисциплина «технология блокчейн и распределение информационных систем» была введена в модуль «цифровой» учебных планов направлений подготовки студентов Института цифровых технологий: 01.03.01 «Математика», 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», 03.03.02 «Физика», 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 38.03.01 «Экономика», 43.03.01 «Сервис» и

других в прошлом учебном году трудоемкостью в 72 ч. (2 з. е.).

С учетом теоретического анализа в рамках учебного проектирования был разработан программный модуль для идентификации пользователей информационной системы, который реализует связь между клиентским приложением и блокчейн-сетью с помощью криптокошелька MetaMask¹. В качестве блокчейн-сети был выбран «Quorum Blockchain». Основное назначение модуля – идентификация сотрудников организации (рис. 3).

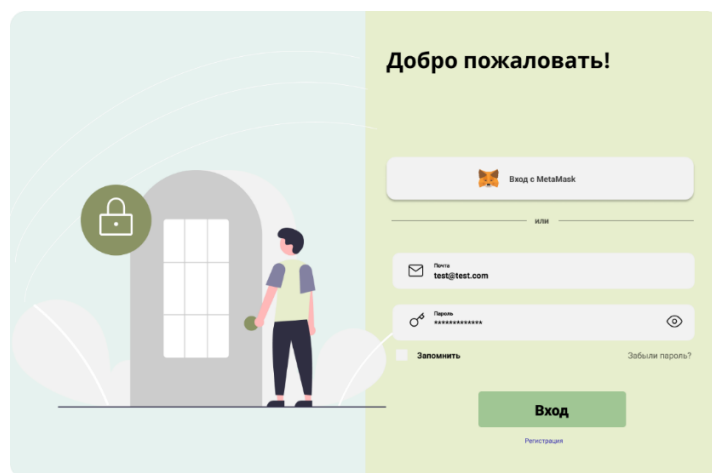


Рис. 3. Фрагмент страницы входа / Fig. 3. Fragment of the login page

Вход может быть осуществлен как с помощью традиционного сочетания почты и пароля, так и с помощью криптокошелька MetaMask. Данные о пользователе считываются из блок-

чейн-сети или создается новая запись. В случае успешной авторизации сотрудник получает доступ к личному кабинету информационной системы (рис. 4).

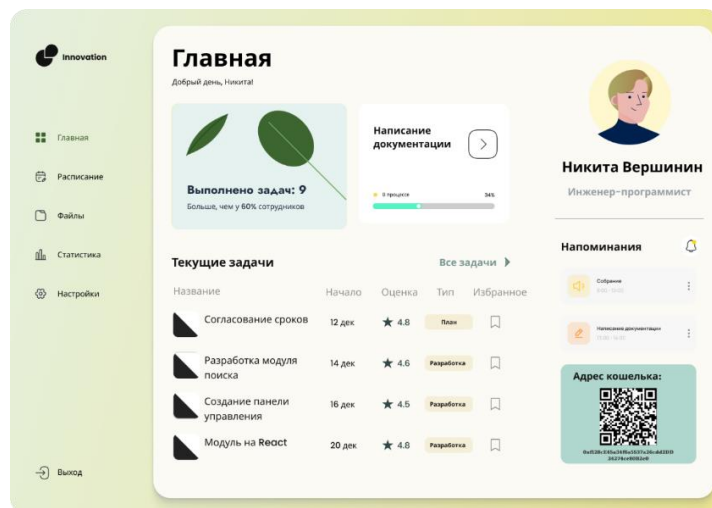


Рис. 4. Фрагмент личного кабинета сотрудника / Fig. 4. Fragment of the employee's personal account

¹ MetaMask. URL: <https://metamask.io/> (дата обращения: 03.10.2022).

В личном кабинете сотруднику отображается адрес его кошелька и QR-код, с помощью которого можно получить все реквизиты. В блокчейн хранятся сведения о его достижениях, статистика выполненных задач, персональный рейтинг и другое. MetaMask также может быть использован для подписи электронных документов: уникальный адрес кошелька может быть привязан к электронной подписи сотрудника, обеспечивая ее юридическую силу.

Заключение

Таким образом, блокчейн сегодня может оказать потенциальное влияние на сферу высшего образования в области управления цифровыми данными и обучением. Проведенный анализ по использованию блокчейн для образования выявил большой потенциал данной технологии,

позволяя: обеспечивать открытость освоения образовательных программ обучающимися; упростить процесс перезачета оценок при академической мобильности студентов; выдавать «верифицируемые» цифровые дипломы и сертификаты; обеспечить поиск специалистов потенциальным работодателем, получив доступ к обладающему специфическими компетенциями данным студента; иметь базу данных о трудоустройстве выпускников и многое другое. Вместе с тем, в отечественной практике большинство образовательных блокчейн-проектов находится на стадии разработки и апробации. Ограниченное распространение данной технологии в системе высшего образования объясняется высокой стоимостью внедрения, а также недостаточным изучением всех возможностей ее использования в педагогической практике.

1. Диченко С. А. Контроль и обеспечение целостности информации в системах хранения данных // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2019. Т. 11. № 1. С. 49–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-i-obespechenie-tselostnosti-informatsii-v-sistemah-hraneniya-dannyh> (дата обращения: 28.12.2022).

2. Сафиуллин М. Р., Савеличев М. В., Ельшин Л. А. Блокчейн как технология повышения доверия и снижения транзакционных издержек в финансовой сфере // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 3. С. 1161–1176. DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.9.3.40927>

3. Сидорова А. А. Высшее образование в цифровой экономике: перспективы применения блокчейн-технологий // Вестник Московского университета. Серия 21: Управление (государство и общество). 2020. № 4. С. 31–47.

4. Chen G., Xu B., Lu M. Exploring blockchain technology and its potential applications for education // Smart Learning Environments. 2018. Vol. 5. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>

5. Dannen C. Introducing Ethereum and Solidity. Brooklyn, New York, USA : Apress, 2017. 197 p.

6. Gatteschi V., Lamberti F., Demartini C. Blockchain technology use cases // Advanced Applications of Blockchain technology. Singapore : Springer, 2020. Vol. 60. Pp. 91–114. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8775-3_4

7. Mohammad A., Vargas S. Barriers Affecting Higher Education Institutions' Adoption of Blockchain Technology: A Qualitative Study // Informatics. 2022. Vol. 9. No. 64. DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics9030064>

8. Rocha H., Ducasse S. Preliminary Steps Towards Modeling Blockchain Oriented Software // WETSEB 2018 – 1st International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain, 2018. Pp. 52–57.

9. Sharples M., Domingue J. The Blockchain and Kudos: A distributed system for educational record, reputation and reward // Adaptive and Adaptable Learning. Cham : Springer, 2016. Vol. 9891. Pp. 490–496. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48

10. Swan M. Blockchain: Blueprint for a new economy. O'Reilly Media, Inc., 2015.

11. Zhong J., Xie H., Zou D., Chui D. K. A Blockchain Model for Word-learning Systems // 5th International Conference on Behavioral, Economic, and Socio-Cultural Computing (BESCC). Taiwan, 2018.

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 14.03.2023.

Об авторах

Токтарова Вера Ивановна

доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры прикладной математики и информатики, советник ректората, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3590-3053>, toktarova@yandex.ru

Вершинин Никита Андреевич

магистрант физико-математического факультета института цифровых технологий, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1); ООО «Студия цифровых решений» (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, ул. Карла Маркса, д. 109-б, поз. 9), vershininx@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Dichenko S. A. Kontrol' i obespechenie tselostnosti informatsii v sistemakh khraneniya dannykh [Control and security of information integrity in data storage systems]. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyakh Zemli* = Hi-tech and Earth Space Research, 2019, vol. 11, no. 1, pp. 49–57. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-i-obespechenie-tselostnosti-informatsii-v-sistemah-hraneniya-dannykh> (accessed 28.12.2022). (In Russ.).
2. Safiullin M. R., Savelichev M. V., Elshin L. A. Blokchein kak tekhnologiya povysheniya doveriya i snizheniya transaktsionnykh izderzhek v finansovoi sfere [The blockchain as a technology of increasing trust and reducing transaction costs in the financial sector]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* = Russian Journal of Innovation Economics, 2019, vol. 9, no. 3, pp. 1161–1176. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18334/vinec.9.3.40927>
3. Sidorova A. A. Vysshee obrazovanie v tsifrovoi ekonomike: perspektivy primeneniya blokchein-tekhnologii [Higher education in the digital economy: prospects for the use of blockchain technologies]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 21: Upravlenie (gosudarstvo i obshchestvo)* = Moscow University Bulletin. Series 21. Public Administration, 2020, no. 4, pp. 31–47. (In Russ.).
4. Chen G., Xu B., Lu M. Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 2018, vol. 5, no. 1. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>
5. Dannen C. *Introducing Ethereum and Solidity*. Brooklyn, New York, USA, Apress, 2017, 197 p. (In Eng.).
6. Gatteschi V., Lamberti F., Demartini C. Blockchain technology use cases. *Advanced applications of Blockchain Technology*. Singapore, Springer, 2020, vol. 60, pp. 91–114. (In Eng.). DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8775-3_4
7. Mohammad A., Vargas S. Barriers affecting higher education institutions' adoption of blockchain technology: a qualitative study. *Informatics*, 2022, vol. 9, no. 64. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics9030064>
8. Rocha H., Ducasse S. Preliminary steps towards modeling blockchain oriented software. *WETSEB 2018 – 1st International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain*, 2018, pp. 52–57. (In Eng.).
9. Sharples M., Domingue J. The blockchain and kudos: A distributed system for educational record, reputation and reward. *Adaptive and Adaptable Learning*. Cham, Springer, 2016, vol. 9891, pp. 490–496. (In Eng.). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48
10. Swan M. *Blockchain: blueprint for a new economy*. O'Reilly Media, Inc., 2015. (In Eng.).
11. Zhong J., Xie H., Zou D., Chui D. K. A blockchain model for word-learning systems. *5th International Conference on Behavioral, Economic and Socio-Cultural Computing (BESCC)*. Taiwan, 2018. (In Eng.).

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 14.03.2023.

About the authors

Vera I. Toktarova

Dr. Sci. (Pedagogy), Associate Professor, Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Science, Rector's Advisor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3590-3053>, toktarova@yandex.ru

Nikita A. Vershinin

Graduate student of the Faculty of Physics and Mathematics of the Institute of Digital Technologies, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation); Digital Solutions Studio LLC (109-b, pos. 9, Karl Marx Str., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), vershininx@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.