

Норец Надежда Константиновна,

кандидат экономических наук,
доцент кафедры бизнес-информатики и математического моделирования,
Физико-технический институт,
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Симферополь, Российская Федерация.

Norets Nadezhda Konstantinovna,

Candidate of Economic Sciences (PhD in Economics),
Associate Professor of the Department of the Business Informatics and Mathematical Modeling,
Institute of Physics and Technology,
V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation.

**ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН
В ЭКОНОМИКУ И ФИНАНСОВУЮ СФЕРУ**

**THE INTRODUCTION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY
IN THE ECONOMY AND FINANCIAL SECTOR**

Статья посвящена анализу внедрения технологии блокчейн в экономику и финансовую сферу, рассматривая её потенциал как инструмента трансформации международных транзакций, снижения издержек и повышения безопасности. Автор акцентирует внимание на эволюции блокчейна: от идеи цифровой валюты в 1980-х до его роли в условиях глобальной цифровизации, усиленной мировым финансовым кризисом 2008 года. Цель исследования — выявление ключевых направлений интеграции технологии, её перспектив и рисков, а также оценка влияния на финансовые операции, цепочки добавленной стоимости и государственное регулирование.

В работе применён комплекс методов экономического анализа: дедукция (для изучения теоретических основ), сравнение (традиционных и блокчейн-систем), анализ практических кейсов и синтез результатов. Исследование охватывает опыт ведущих банков (Сбербанк, Barclays), инициативы Центрального банка Российской Федерации (платформа «Мастерчейн», тестирование блокчейн-транзакций), а также международные тренды (финтех, умные контракты). Показано, что блокчейн обеспечивает прозрачность, снижение операционных затрат и ускорение платежей (до 1500 операций/сек), но сталкивается с проблемами: необратимость транзакций, нехватка ИТ-специалистов, юридические риски.

Особое внимание уделено роли блокчейна в создании распределённых реестров, автоматизации контрактов и аудита, а также его влиянию на цепочки поставок, где технология минимизирует «налог на доверие» через криптографическую верификацию данных. Подчёркивается, что децентрализация и механизмы консенсуса (PoW, PoS) формируют новую среду для прямого взаимодействия участников рынка, исключая посредников. Однако сохраняется зависимость от регуляторных рамок (KYC, AML) и необходимости адаптации традиционных финансовых инструментов.

В заключении автор отмечает, что блокчейн, сочетая прозрачность и неизменяемость данных, способен революционизировать экономику, но требует дальнейшего развития инфраструктуры, законодательной базы и подготовки кадров.

Ключевые слова: блокчейн, криптовалюты, умные контракты, транзакционные издержки, децентрализация, цифровая экономика, распределённый реестр, международные платежи, финансовая безопасность, финтех.

The article analyzes the introduction of blockchain technology into the economy and financial sector, considering its potential as a tool for transforming international transactions, reducing costs and increasing security. The author focuses on the evolution of the blockchain: from the idea of digital currency in the 1980s to its role in the context of global digitalization, reinforced by the global financial crisis of 2008. The purpose of the study is to identify key areas of technology integration, its prospects and risks, as well as to assess the impact on financial transactions, value chains and government regulation.

The work uses a set of methods of economic analysis: deduction (to study the theoretical foundations), comparison (of traditional and blockchain systems), analysis of practical cases and synthesis of results. The study covers the experience of leading banks (Sberbank, Barclays), initiatives of the Central Bank of the Russian Federation (the Masterchain platform, testing of blockchain transactions), as well as international trends (fintech, smart contracts). It is shown that blockchain provides transparency, reduces operating costs and accelerates payments (up to 1,500 transactions/sec), but faces problems: irreversibility of transactions, lack of IT specialists, legal risks.

Particular attention is paid to the role of blockchain in creating distributed registries, automating contracts and auditing, as well as its impact on supply chains, where the technology minimizes the «trust tax» through cryptographic data verification. It is emphasized that decentralization and consensus mechanisms (PoW, PoS) form a new environment for direct interaction of market participants, excluding intermediaries. However, it remains dependent on regulatory frameworks (KYC, AML) and the need to adapt traditional financial instruments.

In conclusion, the author notes that blockchain, combining transparency and immutability of data, is capable of revolutionizing the economy, but requires further development of infrastructure, legislation and training.

Keywords: blockchain, cryptocurrencies, smart contracts, transaction costs, decentralization, digital economy, distributed ledger, international payments, financial security, fintech.

ВВЕДЕНИЕ

Интернет открыл двери для новых способов передачи товаров — электронной коммерции и новых способов загрузки или доступа к службам в быстром и глобальном масштабе. Результатом стало увеличение частоты международных переводов и увеличение международных транзакций на одного пользователя. Начиная с 1980-х годов, кредитные карты и системы международных банковских переводов, такие как SWIFT, были основными методами для инициирования и получения электронных трансграничных платежей.

Мировой финансовый кризис ускорил разработку альтернативных блокировочных сетей на основе технологии блокчейн, направленных на то, чтобы обеспечить универсальную систему расчетов, которая предоставляет более быстрые, дешевые и безопасные трансграничные платежи, опирающиеся на децентрализованные консенсусные протоколы, такие как Bitcoin или Ripple, что подтверждает актуальность исследования.

Изучению применения технологии блокчейн в различных отраслях экономики посвящено достаточно большое внимание отечественных ученых. Наибольшую популярность технология приобрела именно в экономике и финансовой сфере (зачастую технологию блокчейн связывают только с криптовалютами), в других отраслях ее развитие тоже достаточно популярно. О внедрении технологии в финансовую сферу в далеком 2017 году писал коллектив авторов В. В. Масленников, М. А. Федотов, А. Н. Сорокин [8], а творческий тандем Н. И. Куликова и Ю. В. Кудрявцевой [6] рассматривали новые технологические технологии в банковской сфере. Н. В. Апатова и О. Л. Королев в своем исследовании [2] изучали обеспечение финансовой безопасности при использовании технологии блокчейн. Применение технологии при развитии криптовалют рассматривалось в статьях Р. И. Еремина и О. А. Черновой [5] и Н. К. Норец [9-10].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Технология блокчейн продолжительное время функционирует в виртуальной среде. Её внедрение охватило многие отрасли экономики, но чаще всего ее ассоциируют с криптовалютами и финансовыми операциями. Автором рассматриваются направления такого внедрения, перспективы и риски. Несмотря на растущую популярность внедрения технологии блокчейн возникает много спорных моментов, рискованных ситуаций и спорных моментов. Целью исследования является рассмотрение основных направлений внедрения технологии блокчейн в экономику и финансовую сферу. Для достижения поставленной цели необходимо решение взаимосвязанных задач: определить сущность технологии блокчейн, выявить основные направления внедрения технологии в экономику и финансовую сферу, обозначить направления дальнейшего развития технологии блокчейн в экономику и финансовую сферу.

МЕТОДЫ

В исследовании был использован комплекс методов экономического познания:

) Метод дедукции — для познания общих теоретических положений и сущности технологии блокчейн, особенностей его внедрения и перспектив применения;

) Метод анализа — для рассмотрения теоретических и практических основ применения технологии блокчейн в экономике и финансовой сфере;

) Метод сравнения — при сопоставлении возможностей технологии блокчейн при совершении финансовых операций и технологии, не использующей блокчейн;

) Метод синтеза — для формирования обобщенных результатов исследования и формулировки выводов относительно внедрения технологии блокчейн в экономику и финансовую сферу.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Технология блокчейн — выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков (связный список), содержащих какую-либо информацию — зародилась как идея

формирования электронной валюты и была описана в 1983 г. Стефаном Брэндсом и Дэвидом Ли Чаумом [14].

На развитие технологии блокчейн и криптовалюты значительное влияние оказал мировой финансовый кризис 2008 г., когда было утрачено доверие к финансовому сектору и возникла необходимость в дополнительных проверках заключаемых сделок и уход от централизованного управления в финансах. В Российской Федерации цифровая подпись получила законодательное подтверждение в 2013 г., когда вышел Федеральный закон «Об электронной подписи» [12]. С развитием цифровой экономики, ускоренной правительственным постановлением [11], роль технологии блокчейн значительно возрастает и ей находят все большее число применений. С точки зрения экономической теории возникает ряд вопросов, в том числе, о формировании добавленной стоимости в цепочках блокчейн, роли государства в управлении организационными и социально-экономическими процессами, государственного регистрации прав интеллектуальной собственности и продажи авторских прав за рубеж и другие, пока еще не сформулированные вопросы.

В настоящее время бурно развиваются финансовые технологии (финтех), которые «проникают в производственный сектор (в том числе, ритейл, телекоммуникации, фармацевтику, сельское хозяйство); оказывают свое влияние на сегмент страхования, кредитования, бухгалтерских услуг, массовой оценки недвижимости, управления активами, инвестиции, налоговое администрирование и др.» [8, с. 7], мобильный банкинг, интернет-банкинг, мгновенные платежи, удаленная идентификация, NFC технологии, электронная коммерция — вот далеко не полный список новаций последнего времени в финансовой сфере. В Российской Федерации также предпринят ряд мер, определяющих политику регулирования в области финтеха. Так, в Банке России создано новое структурное подразделение «Департамент финансовых технологий, проектов и организации процессов». Кроме того, учреждена Ассоциация «ФинТех», в которую вошли Банк России, ПАО «Сбербанк», Банк ВТБ, Газпромбанк, Альфа-банк, Банк «Открытие», АО Национальная система платежных карт» (НСПК) и Группа QIWI. Банк России ведет разработку законодательной базы в области криптовалют. Реализуются единая система идентификации и аутентификации для клиентов банков (с использованием биометрических данных физического лица) и система обмена электронными сообщениями. Осуществляется разработка платформы «Мастерчейн» (российского конструктора финансовых сервисов, основанного на технологии блокчейн). Прорабатываются вопросы перехода на ведение бухгалтерского учета online XBRL и создания платформы моментальных платежей (P2P-платежи). Также Банк России возглавил проект в области краудфандинга, P2P и P2B-кредитования, запустил проект роботизации для брокерских компаний. Главной проблемой развития финтеха в России, как считают банковские эксперты, является нехватка специалистов в области информационных технологий и технологии блокчейн.

Рассмотрим основные направления применения технологии blockchain в экономику и финансовую сферу (табл. 1).

В финансовом секторе технологии блокчейн, а также «большие данные», «умные контракты» могут вызвать революционные преобразования. Председатель правления ПАО «Сбербанк» Герман Греф в марте 2017 г. отметил: «Blockchain — такая технология, которую мы до конца еще не понимаем... Мы понимаем только, что это основная прорывная технология, сравнимая значимостью с Интернетом... По оценке наших исследователей, которые занимаются этой технологией, примерно через полтора года основные проблемы, технологические проблемы, которые на сегодняшний день мешают массовому внедрению этой технологии, будут решены. И взлет этой технологии через полтора года уже можно планировать» [4]. Прошло более 7 лет с момента этого высказывания и с уверенностью можно говорить, что технология блокчейн повсеместно внедрилась во все отрасли экономики.

Ведущие банки Америки и Азии «перешли на новые информационные технологии, такие как, банковские услуги на основе анализа изображений, виртуальная служба поддержки и робото-консультирование, биометрические функции безопасности, что привело к достаточной свободе в потреблении финансовых услуг и появление нового тренда — бегства потребителей» [6]. Это связано с новыми потребностями в совмещении услуг в одном интернет-устройстве и в любом уголке

Таблица 1. Направления применения технологий blockchain *

№	Направления	Области применения
1.	Информация о конкретной транзакции и ее ценности, назначенной в системе	Криптовалюты в различных приложениях, имеющих отношение к финансовым транзакциям, например, системы переводов и цифровых платежей
2.	Гарантийные обязательства	Оформление гарантийных обязательств, трехсторонний арбитраж, многосторонняя подпись, сделки с использованием счетов Escrow
3.	Финансовые транзакции	Ценные бумаги, акции компаний, краудфайдинг, облигации, взаимные фонды, производные финансовые инструменты, аннуитеты, пенсии
4.	Частные документы	Долговые расписки, договоры, пари, подписи, завещания, доверенности
5.	Документы, требующие засвидетельствования	Страховые свидетельства, свидетельства о собственности, нотариально заверенные документы
6.	Регистрация нематериальных активов	Патенты, торговые марки, авторские права, бронирование и т.п.
7.	Свидетельства и лицензии, заверяемые государством	Свидетельства о праве собственности на земельные участки и недвижимость, свидетельства о регистрации транспортных средств, лицензии на право занятия определенными видами деятельности
8.	Удостоверения, заверяемые государством	Удостоверения личности, паспорта, свидетельство о регистрации избирателя, водительские удостоверения, свидетельства о рождении, браке и смерти
9.	Информация и документация, относящаяся к медицине	Данные истории болезни пациентов в медицинских учреждениях, информация о результатах обследований, регистрация прав доступа медицинского персонала к определенным данным и конкретным пациентам
10.	Информация и документация в сфере образования, науки и культуры	Данные и информация об обучающихся и преподавателях, научных работниках, работниках культуры и искусства, различных транзакциях в сфере образования, науки, культуры (в том числе показателях работы учреждений и отдельных лиц)
11.	Информация и документация в сфере ЖКХ	Данные и информация о различных транзакциях в сфере жилищно-коммунального хозяйства: показатели потребления электроэнергии, воды, телекоммуникационных услуг, топлива, функционирования систем «умного дома» и т.п.

* Составлено на основе источника [1]

мира независимо от того, где клиент разместил свои финансовые средства. Около 90 % крупных банков в США, Европе и Канаде исследуют возможности применения технологии блокчейн для финансовых платежей. Банки Японии и выяснили, что скорость платежей на основе технологии блокчейн составляет 1500 операций в секунду, а обычная система не может совершать более 1400 операций в секунду со значительно меньшим уровнем безопасности. Опыт данных и других банков и компаний, в числе которых Майкрософт, британский банк Barclays и другие показал, что технологии блокчейн позволяют значительно ускорить торговые операции, снизить по всему миру издержки компаний и уменьшить риски от мошенничества с документами. В рамках Консорциума финансовых организаций, созданного по инициативе ЦБ РФ, проведено тестирование двух платформ мастерчейна на основе технологии блокчейн. ЦБ РФ и десять крупнейших банков России провели тестовые транзакции с использованием платформы мастерчейна. В дальнейшем планируется изучить возможность его использования как составной части финансовой инфраструктуры инновационного поколения.

Традиционные финансовые инструменты могут либо утратить, либо приобрести новый смысл, значительно повысив свою надежность. К таким относятся опционы и свопы, а также средства аудита, работающие в режиме реального времени.

Сеть на основе технологии блокчейн может корректировать заявленную стоимость активов или всего, что обладает ценностью, отслеживая истории проведенных сделок и выявляя проведенные транзакции.

Интеллектуальные контракты с блочной связью — «умные контракты», распределенные реестры и неизменяемые криптографические записи способны снизить издержки производства, повысить эффективность эксплуатации оборудования и человеческих ресурсов, повысить производственную эффективность в целом и раскрыть новые возможности для бизнеса и производителей по всему миру.

Без доверия цепочки добавленной стоимости, особенно те, которые поддерживают глобальное производство, не могут существовать. Однако ранее, чтобы установить это доверие, возникали многочисленные исторические трудности, и оно обходилось слишком дорого.

С помощью «использования blockchain технологий создаются цепочки добавленной стоимости, они позволяют обеспечить в производстве надежных поставщиков, которые тщательно подбираются и управляются, а также контролируются и сертифицируются по качеству, надежности и согласованности действий. Регулирующие органы также требуют сертификации и аудита для обеспечения более хорошей работы, и такие компании, как Intertek, проводят проверки и предоставляют сертификаты качества. В конце цепочки добавленной стоимости стоят клиенты, которые покупают продукты, потому что они доверяют качеству бренда, что является ключевым отличием многих компаний» [5].

Огромные объемы данных, генерируемые глобальными цепочками поставок — если их правильно добывать, — могут помочь проверить надежность производственных процессов и конечных продуктов. Однако процесс проверки в традиционных технологиях требует многочисленных ручных вмешательств и участия многих сторон. Предоставление таких заверений в современном мире производства налагает скрытый (и растущий) «налог на доверие», сопровождающийся большим количеством документов, бесконечных электронных писем и телефонных звонков, а также дорогостоящих визитов и проверок поставляемого сырья, материалов, комплектующих и прочих заказов на закупку. Эта громоздкая деятельность снижает производительность и эффективность во всей экономике, делая ее более дорогой, сложной и отнимающей много времени для клиентов и поставщиков для поиска и ведения бизнеса друг с другом. Существует более простой, менее дорогостоящий и более эффективный способ установления доверия к производству цепочки добавленной стоимости, который заключается в использовании блокчейн-цепочек, основанных на программном обеспечении распределенной системы реестров, поддерживаемых на нескольких вычислительных узлах.

Транзакции в сетях с использованием технологии блокчейн основаны на почти нулевой стоимости (независимо от суммы перевода) и подтверждаются в течение нескольких секунд или максимум несколько минут (независимо от расстояния между отправителем и получателем и независимо от их юрисдикции проживания). В отличие от традиционной платежной инфраструктуры, поддерживающей кредитные карты, денежные переводы или международные банковские переводы (например, через SWIFT), цифровые валюты не связаны правилами или юридическим статусом какой-либо валюты одного правительства.

Следовательно, цифровые валютные переводы могут быть бесплатными, поскольку транзакция не подлежит посредничеству, обменным курсам, процентным ставкам и конкретным комиссиям вознаграждения от страны к стране. Чтобы дать представление, в сети Bitcoin типичный размер транзакции составляет 500 байт, и соответствующая плата для транзакции с низким приоритетом составляет 0,1 мБТС, независимо от количества отправленных монет [15].

Снижение стоимости проверки привело к разукрупнению услуг проверки, поскольку некоторые из задач, которые традиционно выполняются посредником, теперь могут быть поставлены по более низкой цене с помощью технологии blockchain [13]. Последствия этого изменения в основ-

ном ощущались на интенсивной марже производства и цифровых активах, поскольку установленные игроки перевели существующие типы транзакций в системы на основе блоков, чтобы снизить эксплуатационные расходы.

Заявки, связанные с сокращением стоимости проверки, в основном дополняют существующие должностные лица, поскольку они улучшают существующие цепочки создания стоимости за счет снижения стоимости расчетов и сверки транзакций [17]. Более того, хотя многие этапы проверки теперь могут быть предметом компромиссов, посредники по-прежнему необходимы для обеспечения удобного для пользователя опыта, обработки особых случаев (например, возврата денег, исполнения договора условного депонирования) и для сертификации информации, требующей трудоемких, онлайн-запросов формы проверки.

Это объясняет, почему внедрение технологии, ориентированной на идентичность и происхождение, происходит медленнее, чем распространение. Хотя проверка цифровых атрибутов может быть дешево реализована на технологии blockchain, первоначальное сопоставление между онлайн-объектами и их цифровыми представлениями по-прежнему дорого стоит для загрузки и поддержки. Поэтому, поскольку затраты на проверку снижаются, этот ключ, дополняющий цифровую проверку, становится более ценным.

С одной стороны, технология blockchain может использоваться для решения сделок с цифровыми товарами, которые полностью автономны внутри платформы (например, bitcoin, ether). Консенсусные правила, установленные в коде, определяют, как зарабатываются токены, и как сеть достигает соглашения об истинном состоянии собственности в токенах с течением времени. Стоимость проверки атрибутов транзакции и принудительного применения простых контрактов для автономных токенов практически равна нулю. Это позволяет передавать стоимость через bitcoin по всему миру по очень низкой цене. Разумеется, соблюдение правил Know-Your-Customer (KYC) и Anti-Money-Laundering (AML) может требовать от физических и юридических лиц дополнительных затрат, чтобы достоверно связать их онлайн-идентичность с их bitcoin, но пока люди согласны с тем, что основной токен имеет ценность, использование его в качестве средства обмена чрезвычайно дешево.

Снижение затрат на сетевое взаимодействие из-за его влияния на рыночную власть, риск конфиденциальности и риск цензуры представляет собой архитектурное изменение для создания и захвата стоимости. Накопленные архитектурные инновации, уничтожив полезность знаний и активов, которые были заняты, открыли возможности изменить структуру рынка.

В случае blockchain, уменьшая рыночную власть посредников, технология также позволяет платформам работать с более низкими барьерами. Принимая во внимание, что у нас была возможность использовать идеи, таланты и капитал в Интернете, существующие решения полагаются на центр обмена информацией, чтобы соответствовать спросу и предложению, поддерживать системы репутации и доверие и в конечном итоге обеспечивать безопасность транзакций.

Открытые протоколы инноваций, которые могут быть построены с использованием криптографического токена, вместо этого позволяют создавать платформы, где арендные ставки распределяются более равномерно среди участников. Потребители не должны раскрывать свои личные данные одному посреднику, а более широкий сегмент разработчиков и пользователей может извлечь выгоду из отдачи от прямых и косвенных сетевых эффектов, используя общий стандарт и инфраструктуру.

В текущей модели большинство потребителей и предприятий арендуют ресурсы в Интернете и не владеют или не контролируют цифровые и финансовые активы, на которые они полагаются каждый день. Это является результатом нашей неспособности генерировать и торговать цифровыми товарами и устанавливать права цифровой собственности без посредника, включая правительство.

То, что также отличает способы оплаты на основе технологии блокчейн от многих других, таких как PayPal или кредитные или дебетовые карты, или даже банковские переводы до определенного момента, — это необратимость транзакций [16]. Это означает, что транзакция цифровой валюты от А до В не может быть отменена. Вместо этого должна быть создана новая транзакция от В до А. Такая особенность может нести как положительные, так и отрицательные последствия.

С одной стороны, необратимость может быть хорошей особенностью, если рассматривать со стороны продавца, который ожидает, что его услуга или продукт будет оплачиваться без исключений. С другой стороны, если смотреть со стороны покупателя, необратимость может считаться плохой особенностью, потому что покупка может быть нежелательной или ошибочной. Хотя покупатели и продавцы всегда могут добровольно согласиться на исправление ошибок, в целом на платежных сетях на основе технологии блокчейн, таких как Bitcoin, не предусмотрены встроенные механизмы для устранения ошибок.

Более того, еще одна важная характеристика, которая ставит платежные сети на основе технологии блокчейн на другой уровень по сравнению с традиционными сетями — это использование конкатенированных блоков транзакций с меткой времени. Принципы PoW (доказательство выполнения работы (англ. proof-of-work) — принцип защиты сетевых систем от злоупотребления услугами) и PoS (подтверждение транзакции (англ. proof-of-Stake) — принцип, с помощью которого блокчейн предотвращает проблему двойного расходования) в сочетании с блокировкой по времени блокируют так называемое двойное расходование, позволяя всем пользователям в конечном итоге навязывать глобальный порядок транзакций, поддерживать список неизрасходованных выходов транзакций и подтверждать транзакцию, только если ее входные адреса отображаются в этом списке.

Все транзакции в Bitcoin-подобных сетях имеют цифровую подпись, чтобы обеспечить безотказность и проверяемость. Однако каждая транзакция также должна быть прозрачной для отчетности. С самого начала эти две цели могут показаться противоречивыми друг другу. Однако эти возможности достижимы с использованием сильных алгоритмов шифрования с открытым ключом. Таким образом, анонимность сохраняется, но все транзакции также полностью отслеживаются, поскольку они записаны в публичной книге. Это означает, что для каждого IP адреса можно было бы провести анализ движения денежных средств и наблюдать за его балансом в каждый момент времени, проверяя исторические транзакции, которые связаны с этим конкретным адресом как входным или выходным.

Внедрение технологии блокчейн в глобальном масштабе сталкивается с критическими техническими барьерами. Одним из таких вызовов является масштабируемость, которая определяет будущее блокчейна в экономике, финансах и за их пределами.

Масштабируемость блокчейна — это способность сети увеличивать пропускную способность (транзакций в секунду, TPS) при сохранении децентрализации, безопасности и скорости обработки данных. Это ключевой параметр для массового внедрения технологии, так как современные финансовые системы (Visa, Mastercard) обрабатывают до 24 000 TPS, тогда как Bitcoin — 7 TPS, Ethereum — 15-30 TPS. Ограниченная масштабируемость приводит к:

1. Росту комиссий (до \$50 за транзакцию в Bitcoin в 2021 г.).
2. Задержкам подтверждения (10 минут для Bitcoin, часы для Ethereum при высокой нагрузке).
3. Низкой конкурентоспособности против традиционных платежных систем.

Последствиями плохой масштабируемости технологии блокчейн могут стать высокие комиссии (например, в 2021 г. до \$50 за транзакцию в Bitcoin) и задержки, которые делают блокчейн непригодным для массового использования.

Следует так же отметить, что имеются и архитектурные ограничения: так размер блока в Bitcoin — 1 МБ (увеличен до 4 МБ в SegWit), в Bitcoin Cash — 32 МБ. В свою очередь консенсусные алгоритмы: Proof-of-Work (PoW) требует времени для подтверждения блока (в Bitcoin это порядка 10 минут). Так, чтобы увеличить пропускную способность до 116 TPS сеть Bitcoin Cash пожертвовала децентрализацией.

Среди направлений для решения проблемы масштабируемости можно выделить шардинг (Ethereum 2.0) — это разделение сети на 64 «шарда», каждый обрабатывает свою часть транзакций. Ожидаемая пропускная способность от такого внедрения 100,000 TPS. Lightning Network (Bitcoin) — это каналы микроплатежей вне основного блокчейна могут повысить пропускную способность на миллионы TPS. Rollups (Ethereum) — это объединение транзакций в один пакет (Optimistic и ZK-Rollups) позволит снизить комиссионные сборы на 90%. Ряд специалистов реко-

мендует так же использовать альтернативные блокчейны в финансах и экономической отрасли, такие как Solana, которая применяет Proof-of-History (PoH) масштабируя 65,000 TPS и Avalanche (гибридный консенсус) с масштабируемостью 4,500 TPS.

При этом следует отметить, что увеличение масштабируемости ведет к снижению децентрализации или безопасности (например, Solana подвергалась атакам из-за централизации валидаторов). Так, в 2022 г. 75% DApps оставались на Ethereum, несмотря на высокие комиссии, из-за безопасности сети.

Масштабируемость остается главным барьером для массового внедрения блокчейна. Решения Layer 2 и альтернативные консенсусные алгоритмы демонстрируют прогресс, но требуют баланса между скоростью, безопасностью и децентрализацией. К 2030 г. ожидается доминирование гибридных моделей, сочетающих шардинг, PoS и кросс-чейн взаимодействие, что позволит блокчейну конкурировать с традиционными системами.

Другой немаловажной проблемой внедрения технологии блокчейн является анонимность транзакций в сетях Bitcoin или Monero, что осложняет идентификацию пользователей, повышая риски отмывания денег. Так, в 2022 г. через криптобиржи было отмыто \$23.8 млрд (Chainalysis). Одним из способов преодоления этой проблемы может стать использование блокчейнов с регулируемым доступом (permissioned), например, Hyperledger Fabric.

Мировая Зеленая повестка направленная на снижение энергопотребления так же ограничивает распространение технологии блокчейн повсеместно. Proof-of-Work (PoW) в Bitcoin требует ~150 ТВт·ч/год, что больше, чем потребляют целые страны. Экологами рассчитано, что углеродный след от внедрения и распространения Bitcoin — порядка 60 млн тонн CO₂/год. Предлагается переход на энергоэффективные алгоритмы: Proof-of-Stake (PoS): Ethereum 2.0 снизил энергопотребление на 99.95%, а Delegated PoS, который используется в EOS, Tron. Прогрессивным является «Зеленый майнинг» на базе ВИЭ (Исландия, Канада).

Помимо технических, экологических и правовых трудностей имеет место быть и человеческий фактор. Так, ошибки в коде смарт-контрактов часто приводят к финансовым потерям. В 2016 году взлом DAO понес за собой потери в размере \$60 млн из-за рекурсивной уязвимости. Предлагается ввести формальную верификацию кода (CertiK, OpenZeppelin) и страхование смарт-контрактов (Nexus Mutual).

Отметим, что публичные блокчейны хранят данные транзакций в открытом доступе, что противоречит банковской тайне (GDPR). Помимо введение законодательного и налогового контроля предлагается введение конфиденциальных транзакций: Zcash (zk-SNARKs), Monero (кольцевые подписи) и гибридных моделей, таких как Quorum (Ethereum с приватными транзакциями).

Сложности с интеграцией с традиционной финансовой инфраструктурой обычно связаны с тем, что банковские системы (SWIFT, Core Banking) используют централизованные базы данных, несовместимые с децентрализованными реестрами. Возможно применение API-шлюзов: R3 Corda интегрируется с SAP, Oracle или мостовидные решения: IBM Blockchain Platform соединяет корпоративные системы с Hyperledger.

Следует обратить внимание, что трансграничные платежи требуют взаимодействия между разными блокчейнами (Ethereum, Ripple, Stellar), которые можно решить межсетевыми протоколами: Polkadot, Cosmos IBC и стандартизацией токенов: ERC-20, BEP-20, совместимые с кросс-чейн мостами.

Другой экономической проблемой технологии блокчейн является волатильность криптоактивов. Имеются примеры, когда курс Bitcoin может измениться на 20% за день, делая его ненадежным средством сбережения. Предлагается введение стейблкоины: USDT, USDC, привязанных к фиату или товарам или применение CBDC: национальных цифровых валют (Digital Yuan, e-Euro).

Переход на блокчейн требует инвестиций в инфраструктуру, обучение персонала и R&D. Так лидер банковской отрасли России — Сбербанк потратил \$1.2 млрд на блокчейн-инициативы в 2020–2023 гг. Одним из способов снижения стоимости внедрения технологии блокчейн могут стать консорциумы: R3, Enterprise Ethereum Alliance, которые снижают затраты за счет кооперации, а также облачные блокчейн-сервисы: AWS Managed Blockchain, Microsoft Azure.

Интеграция блокчейна в финансы требует преодоления многоуровневых барьеров, от технических ограничений до регуляторной неопределенности. Однако комбинация технологических инноваций (PoS, Layer 2), международной кооперации и образовательных инициатив способна трансформировать финансовый сектор, сделав его более инклюзивным, прозрачным и эффективным. К 2030 г. ожидается, что 60% центральных банков внедрят CBDC, а доля блокчейн-платежей в B2B-сегменте достигнет 25%, подтверждая перспективность технологии.

ВЫВОДЫ

Внедрение и функционирование технологии blockchain — технологии распределенного реестра уходит корнями в криптографию и теорию игр. Эта инновационная технология получила развитие на основе децентрализации и механизма консенсуса. Глобальная цифровизация стимулировала развитие цифровых финансовых услуг провоцируя рост криптовалют, интернет-сделок и цифровых финансов. Технология блокчейн ассоциируется, в большей степени, с криптовалютами, но развивается и в направлении в международных расчетах, цифровых валютных переводах, реализации контрактов, выполнении обязательств и многих других финансовых операциях. Внедрение технологии расширяет рамки экономического взаимодействия, стирает границы между государствами и стимулирует рост международных финансовых взаимоотношений, при этом снижая транзакционные издержки. Операции на финансовых рынках, финансовые инструменты, используемые с 19 века, могут уйти в прошлое: технология блокчейн формирует такую среду, когда и продавцы и покупатели смогут взаимодействовать на прямую, без заключения опционов и фьючерсов, лишь используя технологию блокчейн с прописанными условиями сделки.

В целом, следует отметить, что технология блокчейн безопасна, потому что она специально спроектирована, чтобы быть одновременно прозрачной и неизменяемой, что достигается с помощью механизмов консенсуса и использования ключей шифрования. Дальнейшее развитие и совершенствование технологии блокчейн, ее внедрение во все сферы экономики видится совершенно определено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апатова Н. В. Механизмы виртуальной институционализации цифровой экономики / Н. В. Апатова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. — 2019. — Т. 5(71). № 4. — С. 3-11. — EDN TWXDYA.
2. Апатова Н. В. Финансовая безопасность и технологии blockchain / Н. В. Апатова, О. Л. Королев // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. — 2017. — № 4(41). — С. 35-41. — EDN ZWQHLD.
3. Бутова Т. Г. Влияние цифровых технологий на управление финансовыми активами / Т. Г. Бутова, Д. Д. Буркальцева, В. А. Кондрашин // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. — 2024. — № 2(67). — С. 18-33. — DOI 10.29039/2312-5330-2024-2-18-33. — EDN MYFYXG.
4. Греф ожидает взлет технологии blockchain через полтора года. — URL: ria.ru/economy/20170316/1490214529.html (дата обращения 20.10.2024).
5. Еремин Р. И. Биткоин: история появления и его ценность для экономики / Р. И. Еремин, О. А. Чернова // Деловой вестник предпринимателя. — 2022. — № 7(1). — С. 59-64. — DOI 10.24412/2687-0991-2022-1-7-59-65. — EDN HRPFKA.
6. Куликов Н. И. Банки на пороге новой технологической революции / Н. И. Куликов, Ю. В. Кудрявцева // Вопросы современной науки и практики. — 2017. — № 2 (64). — С. 69-78. — DOI 10.17277/voprosy.2017.02.pp.069-078. — EDN YRWJPH.
7. Лясников Н. В. Проблемы поддержания работы информационной инфраструктуры в рамках экосистемы цифровой экономики в условиях сбоев при использовании технологии blockchain / Н. В. Лясников, Д. Д. Буркальцева // Экономика и социум: современные модели развития. — 2019. — № 2. — С. 219-230. — DOI 10.18334/ecsoc.9.2.40866. — EDN RGSTFC.
8. Масленников В. В. Новые финансовые технологии меняют наш мир / В. В. Масленников, М.А. Федотов, А.Н. Сорокин // Вестник Финансового университета. — 2017. — Т. 21. № 2 (98). — С. 6-11. — EDN YQQBRZ.
9. Норец Н. К. Легализация криптовалют в экономики стран / Н. К. Норец // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. — 2022. — № 1 (58). — С. 45-51. — EDN MKDMRL.
10. Норец Н. К. Является ли цифровой рубль криптовалютой: сравнительный анализ / Н. К. Норец // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. — 2021. — № 3 (56). — С. 90-96. — EDN ZXKGGZ.
11. О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации (вместе с «Положением о системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»): Постановление Правительства РФ от 02.03.2019 N 234 (ред. от 01.08.2024).

12. Об электронной подписи: Федеральный закон от 06.04.2011 N 63-ФЗ (действующая редакция, 2016) / Консультант Плюс. — URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112701/ (дата обращения 16.10.2024).
13. Ягупова Е. А. Цифровая трансформация банковской системы России / Е. А. Ягупова // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. — 2021. — № 2(55). — С. 48-54. — EDN ERDPJF.
14. Chaum D. Blind Signatures for Untraceable Payments / D. Chaum // Advances in Cryptology Proceedings of Crypto. — 1983. — Т. 82. №3. — pp. 199-203.
15. King S. Pcoin: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake / S. King, S. Nadal. — Self-published paper. — 2012. — August 19. — URL: peerco.in/assets/paper/peercoin-paper.pdf (date of the application: 16.10.2024).
16. Lamport L. The Byzantine Generals Problem / Leslie Lamport, Robert Shostak and Marshall Pease // ACM Trans. Program. Lang. — 1982. — Syst. 4, No. 3. — Pp. 382–401.
17. Tse D. Blockchain application in food supply information security / Daniel Tse, Bowen Zhang, Yuchen Yang, Chenli Cheng, Haoran Mu // In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 10–13 December 2017. — pp. 1357–1361.

SPISOK LITERATURY

1. Apatova N. V. Mekhanizmy virtual'noy institutsionalizatsii tsifrovoy ekonomiki / N. V. Apatova // Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Ekonomika i upravleniye. — 2019. — Т. 5(71). № 4. — С. 3-11. — EDN TWXDYA.
2. Apatova N. V. Finansovaya bezopasnost' i tekhnologii blockchain / N. V. Apatova, O. L. Korolev // Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii. — 2017. — № 4(41). — С. 35-41. — EDN ZWQHLD.
3. Butova T. G. Vliyaniye tsifrovyykh tekhnologiy na upravleniye finansovymi aktivami / T. G. Butova, D. D. Burkal'tseva, V. A. Kondrashin // Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii. — 2024. — № 2(67). — С. 18-33. — DOI 10.29039/2312-5330-2024-2-18-33. — EDN MYFYXG.
4. Gref ozhidayet vzlet tekhnologii blockchain cherez poltora goda. — URL: ria.ru/economy/20170316/1490214529.html (data obrashcheniya 20.10.2024).
5. Yeremin R. I. Bitkoin: istoriya poyavleniya i yego tsennost' dlya ekonomiki / R. I. Yeremin, O. A. Chernova // Delovoy vestnik predprinimatel'ya. — 2022. — № 7(1). — С. 59-64. — DOI 10.24412/2687-0991-2022-1-7-59-65. — EDN HRPFGA.
6. Kulikov N. I. Banki na poroge novoy tekhnologicheskoy revolyutsii / N. I. Kulikov, Yu. V. Kudryavtseva // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. — 2017. — № 2 (64). — С. 69-78. — DOI 10.17277/voprosy.2017.02.pp.069-078. — EDN YRWJPH.
7. Lyasnikov N. V. Problemy podderzhaniya raboty informatsionnoy infrastruktury v ramkakh ekosistemy tsifrovoy ekonomiki v usloviyakh sboev pri ispol'zovanii tekhnologii blockchain / N. V. Lyasnikov, D. D. Burkal'tseva // Ekonomika i sotsium: sovremennyye modeli razvitiya. — 2019. — № 2. — С. 219-230. — DOI 10.18334/ecsoc.9.2.40866. — EDN RGSTFC.
8. Maslennikov V. V. Novyye finansovyye tekhnologii menyayut nash mir / V. V. Maslennikov, M. A. Fedotov, A. N. Sorokin // Vestnik Finansovogo universiteta. — 2017. — Т. 21. № 2 (98). — С. 6-11. — EDN YQQBRZ.
9. Norets N. K. Legalizatsiya kriptovalyut v ekonomiki stran / N. K. Norets // Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii. — 2022. — № 1 (58). — С. 45-51. — EDN MKDMRL.
10. Norets N. K. Yavlyayetsya li tsifrovoy rubl' kriptovalyutoy: sravnitel'nyy analiz / N. K. Norets // Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii. — 2021. — № 3 (56). — С. 90-96. — EDN ZKXGGZ.
11. O sisteme upravleniya realizatsiyey natsional'noy programmy «Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii (vmeste s «Polozheniyem o sisteme upravleniya realizatsiyey natsional'noy programmy «Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii»): Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 02.03.2019 N 234 (red. ot 01.08.2024).
12. Ob elektronnoy podpisi: Federal'nyy zakon ot 06.04.2011 N 63-FZ (deystvuyushchaya redaktsiya, 2016) / Konsul'tant Plyus. — URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112701/ (data obrashcheniya 16.10.2024).
13. Yagupova Ye. A. Tsifrovaya transformatsiya bankovskoy sistemy Rossii / Ye. A. Yagupova // Nauchnyy vestnik: finansy, banki, investitsii. — 2021. — № 2(55). — С. 48-54. — EDN ERDPJF.
14. Chaum D. Blind Signatures for Untraceable Payments / D. Chaum // Advances in Cryptology Proceedings of Crypto. — 1983. — Т. 82. №3. — pp. 199-203.
15. King S. Pcoin: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake / S. King, S. Nadal. — Self-published paper. — 2012. — August 19. — URL: peerco.in/assets/paper/peercoin-paper.pdf (date of the application: 16.10.2024).
16. Lamport L. The Byzantine Generals Problem / Leslie Lamport, Robert Shostak and Marshall Pease // ACM Trans. Program. Lang. — 1982. — Syst. 4, No. 3. — Pp. 382–401.
17. Tse D. Blockchain application in food supply information security / Daniel Tse, Bowen Zhang, Yuchen Yang, Chenli Cheng, Haoran Mu // In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 10–13 December 2017. — pp. 1357–1361.

Статья поступила в редакцию 5 февраля 2025 года

Статья одобрена к печати 6 июня 2025 года