



Ars Administrandi (Искусство управления). 2022. Т. 14, № 1. С. 82–105.

Ars Administrandi. 2022. Vol. 14, no. 1, pp. 82–105.



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License

The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Научная статья

УДК 330.341.1

<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2022-1-82-105>

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СМАРТ-КОНТРАКТОВ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ ДИФфуЗИИ ИННОВАЦИЙ

Анастасия Андреевна Шпакова¹

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия, aa-shpakova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1467-5220>

Аннотация. Введение: смарт-контракты позволяют решить проблемы межкорпоративного взаимодействия, предоставляя возможность быстрых и безопасных транзакций с автоматическим исполнением. Однако развитию и применению этой технологии препятствуют ряд факторов, анализ которых с точки зрения теории диффузии инноваций позволит выработать стратегию по управлению развитием этой технологии. **Цель:** определение направлений государственной политики в области регулирования и применения смарт-контрактов на основе систематизации факторов, препятствующих их широкому распространению, и оценки влияния ключевых акторов, связанных с развитием данной технологии. **Методы:** метаанализ исследований, опрос 170 российских компаний на предмет использования смарт-контрактов, сравнительный анализ, метод статистики и динамики, формально-логический подход. **Результаты:** определено положение смарт-контрактов на кривой диффузии для российских компаний; систематизированы факторы, препятствующие их распространению, в соответствии с характеристиками инноваций; оценено влияние на процесс диффузии ключевых акторов; определены направления государственной политики в области регулирования и применения смарт-контрактов. **Выводы:** пользователями смарт-контрактов в России являются только новаторы и ранние последователи, а ключевое значение для диффузии имеют характеристики относительного преимущества, организационной и институциональной совместимости, рисков использования технологии. Средний уровень влияния разработчиков технологий, регулятора (государственных органов) и компаний на процесс диффузии примерно одинаковый. Приоритетами государственной политики в области регулирования и применения смарт-контрактов должны быть обеспечение условий для организационной и институциональной совместимости инновации, снижение правовых рисков использования этой цифровой технологии, подготовка кадров.

Ключевые слова: смарт-контракты, диффузия инноваций, кривая диффузии, пропасть Мура, распространение цифровых технологий, регулирование цифровых технологий

Для цитирования: Шпакова А. А. Распространение смарт-контрактов с позиций теории диффузии инноваций // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2022. Т. 14, № 1. С. 82–105. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2022-1-82-105>.

Original article

SMART CONTRACTS FROM THE VIEWPOINT OF DIFFUSION OF INNOVATION THEORY

Anastasia A. Shpakova¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia, aa-shpakova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1467-5220>

Abstract. Introduction: smart contracts helps solve the problems of intercorporate interaction by providing the possibility of fast and secure automatic transactions. However, the development and application of this digital technology are prevented by a number of factors. Their analysis from the viewpoint of diffusion of innovation theory will allow developing a strategy for managing the growth of this technology. **Objectives:** to determine the state policy directions in the field of regulation and use of smart contracts based on the systematization of factors that prevent their wide diffusion, and assessment of the influence of key actors associated with the development of this technology. **Methods:** meta-analysis of studies, survey of 170 Russian companies, comparative analysis, statics and dynamics method, formal-logical method. **Results:** the article defines the position of smart contracts on the diffusion curve for Russian companies, and systematizes the factors that prevent the wide diffusion of smart contracts by taking into account the characteristics of innovations. Further, the influence of key actors on the diffusion process has been assessed. The state policy directions in the field of regulation and use of smart contracts are determined. **Conclusions:** in Russia, the only users of smart contracts tend to be innovators and early adopters, while the key factors for diffusion are the characteristics of relative advantage, organizational and institutional compatibility, and risks related to using the technology. The average level of influence of technology developers, the regulator (state authorities) and companies on the diffusion process is approximately the same. The priorities of state policy in the field of regulation and use of smart contracts should be to provide conditions for organizational and institutional compatibility of innovation, reduce the legal risks of using this digital technology, and train personnel.

Keywords: smart contracts, diffusion of innovation, diffusion curve, Moore's Chasm, digital technology diffusion, regulation of digital technologies

For citation: Shpakova, A. A. (2022), "Smart contracts from the viewpoint of diffusion of innovation theory", *Ars Administrandi*, vol. 14, no. 1, pp. 82–105, <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2022-1-82-105>.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация становится необходимостью для компаний, которые не хотят потерять свою конкурентоспособность и вынуждены постоянно реагировать на вызовы динамичной и неопределенной внешней среды

(Van Veldhoven and Vanthienen, 2021; Verhoef et al., 2021). Под влиянием цифровых технологий компании трансформируют производство, бизнес-модели и формы взаимодействия с контрагентами (Akter et al., 2022; Correani et al., 2020; Broekhuizen et al., 2021). Одной из технологий, приводящих к значительным изменениям, являются смарт-контракты, реализуемые в среде блокчейн. Эта среда дает возможность для peer-to-peer взаимодействия без посредников, увеличивает скорость коммуникации, позволяет гибко и быстро принимать решения и координировать планы, особенно в цепочках поставок (Kshetri, 2018; Zhang and Sakurai, 2020; Lim et al., 2021). Блокчейн и смарт-контракты способны оптимизировать мультимодальные и трансграничные перевозки с участием большого числа контрагентов (Tang and Veelenturf, 2019; Chang et al., 2020) и другие формы совместного создания стоимости.

У смарт-контрактов есть ряд преимуществ, благодаря которым они привлекли внимание пользователей и разработчиков. Автоматизация, снижение операционных рисков, сокращение влияния человеческого фактора и посредников на этапе исполнения контракта приводят к изменению структуры и снижению в долгосрочной перспективе транзакционных издержек, а также гарантируют надежность и безопасность заключенных контрактов с точки зрения их конфиденциальности и постоянства (Ивашенко и др., 2019; Murray et al., 2021).

Несмотря на то, что технология децентрализованных баз данных известна с 1990-х годов (Ferreira, 2021, p. 2), а идея смарт-контрактов – с 1996 года (Szabo, 1996), их активное развитие началось только с так называемого «Биткойн манифеста» Сатоши Накамото 2008 года (Накамото, 2008). Основное применение эти технологии получили в финансовой сфере, однако мы сделаем акцент на том, как они распространяются в нефинансовом секторе.

Оптимистичные прогнозы распространения инноваций на рынках часто не оправдываются (Mitra et al., 2020, p. 1), поскольку большинство людей оценивают инновации на основе не научных исследований экспертов, а субъективных оценок близких, коллег и знакомых, которые уже приняли инновацию. Процесс распространения инноваций среди потенциальных пользователей получил название диффузия инноваций. Э. Роджерс отметил, что скорость и успешность распространения инноваций зависит от ряда субъективных и относительных характеристик, которые влияют на решение человека и компании принять или отклонить инновацию (Rogers, 1962, p. 211–212).

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных как технологическим, так и экономическим аспектам развития смарт-контрактов, вопрос их анализа с точки зрения диффузии инноваций раскрыт недостаточно. Поэтому целью статьи является определение направлений государственной политики в области регулирования и применения смарт-контрактов на основе систематизации в соответствии с подходом Э. Роджерса факторов, препятствующих широкому распространению технологии, и оценки степени влияния на ее развитие ключевых акторов – разработчиков, регулятора (государственных органов) и пользователей (компаний).

Полученные результаты вносят теоретический вклад в приложение теории диффузии инноваций к смарт-контрактам и имеют практическое значение при разработке и принятии стратегии по управлению развитием этой цифровой технологии.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первые систематические исследования диффузии инноваций появились в 1960-е годы, включая основополагающую работу Э. Роджерса (Rogers, 1962), который распределил потребителей инновационных продуктов на пять сегментов в зависимости от их психосоциальных характеристик, определив их среднюю долю с учетом нормального распределения (рис. 2). Кроме того, он структурировал и выделил пять характеристик инноваций, влияющих на скорость диффузии (относительное преимущество, совместимость, сложность, тестируемость и наглядность), однако ряд исследований расширяет этот список до 25 и более характеристик (Premkumar et al., 1994). Помимо перечисленных наиболее часто встречаются и частично подтверждаются эмпирически такие характеристики, как техническая совместимость и требования к инфраструктуре, стоимость и прибыльность, риск использования (Tornatzky and Klein, 1982; Davis et al., 1989).

Изучению процесса диффузии инноваций, включая математическое совершенствование моделей и расширение сферы их применения, посвящены многие работы, основные из которых представлены в ряде обзоров (Meade and Islam, 2006; Черенков и др., 2019). Современные исследования предлагают рассматривать диффузию как процесс институциональных изменений, при котором инновации – способ, посредством которого отдельные лица, организации и сообщества постоянно адаптируются к изменяющимся условиям, одновременно создавая эти изменения (Vargo et al., 2020, p. 530). Применение инноваций приводит к обратной реакции, либо способствующей, либо препятствующей их диффузии. Систематизация факторов, влияющих на распространение конкретной технологии, позволит выявить точки роста, воздействуя на которые ключевые акторы могут стимулировать диффузию смарт-контрактов.

Смарт-контракты влияют на форму взаимодействия компаний и выстраивание формальной коммуникации между ними, поэтому процесс диффузии смарт-контрактов аналогичен тому, как распространялись другие коммуникационные технологии, включая стационарную телефонную и мобильную связь, Интернет (Делицын, 2010; Kiiski and Pohjola, 2002; Земцов и Бабурин, 2017). Особенности таких технологий связаны, прежде всего, с влиянием сетевых эффектов, которые характерны для коммуникационных рынков (Mahler and Rogers, 1999, p. 722). На рынке с сетевыми эффектами преимущества от внедрения продукта или услуги растут по мере увеличения числа пользователей (Katz and Shapiro, 1994, p. 94): чем больше организаций использует в работе смарт-контракты, тем более привлекательным этот вид взаимодействия окажется для других, поскольку расширяются возможности для электронного обмена информацией и снижаются барьеры по переводу контрагентов в цифровое взаимодействие. Кроме того, выявлено, что в силу важности сетевых эффектов одним из ключевых факторов, определяющих внедрение смарт-контрактов, является давление на компанию со стороны других участников цепочки поставок, а также конкурентное давление (Badi et al., 2021; Liang et al., 2021).

Потенциальные области применения смарт-контрактов охватывают множество секторов и видов деятельности: смарт-контракты могут быть экономически обоснованы как в отраслях с краткосрочными классическими контрактами за счет массового применения (торговля ценными бумагами),

так и в сферах, где традиционные договорные практики недостаточны (Gans, 2019; Al Sadawi et al., 2021). Однако применение смарт-контрактов там, где они не приводят к сокращению транзакционных издержек или упрощению контрактного процесса, будет избыточным (Ивашенко и др., 2019, с. 75–76). Некоторые исследователи отмечают, что блокчейн и смарт-контракты могут быть примером институциональной эволюции (Davidson et al., 2018, р. 655–656; Savelyev, 2017, р. 127–128), поскольку они потенциально могут заменить экономическую координацию, обеспечиваемую рынками, иерархиями, неформальной координацией и правительствами.

С учетом изложенного и в соответствии с целью выдвинуты следующие исследовательские задачи:

- 1) на основе анализа опросов компаний и прогнозов развития технологий смарт-контрактов определить их текущее положение на кривой диффузии инноваций для российских компаний;
- 2) систематизировать факторы, препятствующие распространению смарт-контрактов, на основе характеристик, анализируемых в рамках теории диффузии инноваций;
- 3) оценить влияние ключевых акторов на характеристики смарт-контрактов.

Методологической основой работы стали положения теории диффузии инноваций в части определения характеристик, влияющих на скорость и успешность диффузии и адаптации смарт-контрактов. В статье применялись метаанализ отечественных и зарубежных исследований, опрос в форме электронного анкетирования, сравнительный анализ, формально-логический подход.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Агентство “Gartner” разработало методику оценки распространения технологических инноваций на основе их субъективного восприятия пользователями. Согласно отчету агентства¹, смарт-контракты приближаются к «пропасти разочарования», то есть интерес рынка ослабевает, поскольку дорогостоящие эксперименты и итоги реализации не соответствуют завышенным ожиданиям. Сама технология еще находится в «зачаточном состоянии» как с точки зрения разработки (Sillaber et al., 2021), так и с точки зрения внедрения².

В настоящий момент мировой объем рынка смарт-контрактов оценивается в 315,1 млн долл. и продолжает расти со средним темпом 18–24 % в год³.

¹ *Hype cycle for blockchain technologies, 2020* [Электронный ресурс] // Gartner Research. 2020. 13 July. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/3987450/hype-cycle-for-blockchain-technologies-2020> (дата обращения: 16.01.2022).

² *Chapter 11. Artificial intelligence, blockchain and quantum computing* [Электронный ресурс] // OECD digital economy outlook 2020. Paris: OECD Publishing, 2020. P. 271–309. <https://doi.org/10.1787/bb167041-en>. URL: www.oecd-ilibrary.org/sites/c51bcfeb-en/index.html?itemId=/content/component/c51bcfeb-en (дата обращения: 16.01.2022).

³ *Smart contracts market size, share and trends analysis report by type, by application, by region, and segment forecast to 2028* [Электронный ресурс] // Valuates Reports. 2022. Jan. URL: <https://reports.valuates.com/market-reports/QYRE-Auto-31L1599/global-smart-contracts> (дата обращения: 18.01.2022); *Smart contracts market size to reach USD 345.4 million by 2026 at CAGR 18.1%* | Valuates Reports [Электронный ресурс] // Contact PR Newswire. 2021. 5 March. URL: <https://www.>

Росту рынка смарт-контрактов способствует расширение их использования в таких сферах, как банковская и страховая, контрактация сделок внутри цепочек поставок, государственное управление и сделки с недвижимостью. Ожидается, что пандемия COVID-19 окажет положительное влияние на глобальный рынок за счет повышения осведомленности и внедрения смарт-контрактов благодаря удаленной работе и социальному дистанцированию⁴.

Для оценки уровня распространения смарт-контрактов среди российских организаций автором статьи был проведен опрос⁵ 170 российских компаний на предмет использования смарт-контрактов и выяснено, что 12 % организаций уже занимаются данной технологией на уровне эксперимента или эксплуатации и 14 % планируют внедрять в ближайшей перспективе (распределение ответов см. на рис. 1).



Рис. 1. Оценка российскими компаниями перспектив внедрения смарт-контрактов /
Fig. 1. Russian companies assessment of the prospects for introducing smart contracts

Источник: составлено автором по результатам опроса российских компаний.

Опрос проводился в электронной форме, поэтому нужно скорректировать показатели на долю организаций, имеющих доступ к Интернету. Согласно данным Росстата⁶, в 2020 году только 77 % организаций использовали фик-

prnewswire.com/in/news-releases/smart-contracts-market-size-to-reach-usd-345-4-million-by-2026-at-cagr-18-1-valuation-reports-832536081.html (дата обращения: 18.01.2022).

⁴ Ethereum smart contracts development for businesses – Benefits, challenges & use cases [Электронный ресурс] // The European Business Review. 2022. 3 Jan. URL: <https://www.europeanbusinessreview.com/ethereum-smart-contracts-development-for-businesses-benefits-challenges-use-cases/> (дата обращения 16.01.2022).

⁵ Опрос был посвящен различным электронным формам взаимодействия между компаниями и организован с использованием сервисов «Яндекс.Взгляд» и «Google Forms». Исследование проводилось в декабре 2021 года. Для отбора релевантных ответов применялся двойной фильтр. Во-первых, в опросе участвовали только респонденты из категории «бизнес» (всего более 1000 человек). Во-вторых, участникам опроса был задан вопрос: «Работаете ли Вы на своем рабочем месте с документами, которые передаются внешним компаниям?». Оценке подлежали анкеты только тех респондентов, кто ответил на вопрос утвердительно.

⁶ Итоги федерального статистического наблюдения по форме № 3-информ «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. 2022. 4 февр. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-inform.htm> (дата обращения 22.01.2022).

сированный (проводной и беспроводной) Интернет и 39,9% организаций использовали мобильный Интернет. Поскольку нет возможности уточнить, насколько пересекаются респонденты внутри этих групп, для корректировки будем использовать 77 %. Получается, что в среднем среди российских организаций смарт-контракты используют $12\% \cdot 77\% = 9,24\%$

Такое количественное распределение в целом соответствует описанию технологии как находящейся на начальных этапах развития согласно кривой диффузии (рис. 2). Сегодня ими пользуются только новаторы и ранние последователи. По границам между сегментами пользователей имеются «разрывы», описанные Дж. Муром (Moore, 2006) и отображенные на рисунке 2 штрихом. Самый серьезный и труднопреодолимый из них назван «пропастью Мура» и расположен между ранними последователями и ранним большинством, когда продукт должен перестать быть технологией для профессионалов отрасли, которые занимаются изучением новинок, и начать удовлетворять потребности широкого круга пользователей. Преодоление пропасти связано с расширением знаний о технологии, донесением до потенциальных пользователей ее преимуществ, условий и ограничений использования. Для раннего большинства уже недостаточно теоретических обоснований эффективности технологии, ему нужны практические примеры ее использования и понятная оценка затрат и выгод. На возможность перехода к новой категории потребителей влияют и другие характеристики инновации, которые можно проанализировать в соответствии с подходом Э. Роджерса.

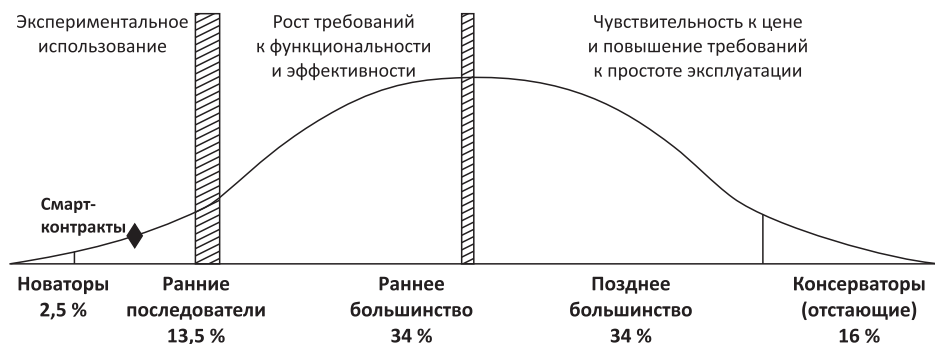


Рис. 2. Положение смарт-контрактов на кривой диффузии в 2021 году /
Fig. 2. Position of smart contracts on the diffusion curve in 2021

Источник: составлено автором на основе (Rogers, 1962, p. 247).

В исследованиях (Rogers, 1962; Tornatzky and Klein, 1982; Davis et al., 1989; Premkumar et al., 1994) выявлены значимые для процесса диффузии характеристики инноваций: относительное преимущество; совместимость (организационная, институциональная, техническая); сложность; апробация; коммуникабельность / наглядность; риск использования технологии и др. На основе указанных характеристик последовательно рассмотрим факторы, которые препятствуют распространению смарт-контрактов и описаны либо в научных исследованиях (Frizzo-Barker et al., 2020; Groschopf et al., 2021; Leduc et al.,

2021), либо в аналитических отраслевых обзорах. Поскольку смарт-контракты создаются преимущественно в среде блокчейн, то часть факторов будет связана с особенностями развития самой технологии распределенных реестров.

1) Относительное преимущество – степень, в которой инновация оценивается лучше, чем технология, которую она заменяет. В оценку относительного преимущества можно включить скорость и надежность технологии, удовольствие от ее использования (Davis et al., 1989, p. 997). Пользователи оценивают не только совокупный эффект от внедрения технологии, но и чисто экономический аспект, связанный с размером инвестиций, окупаемостью и эффективностью. Обычно чем дешевле инновация, тем выше вероятность ее принятия, но при этом компании должны учитывать, что внедрение сопряжено со многими скрытыми затратами и вспомогательными мероприятиями (Premkumar et al., 1994, p. 183), включая обучение, адаптацию, согласование с контрагентами, регуляторный комплаенс.

Преимущества смарт-контрактов для оформления транзакций не так очевидны в силу того, что они выступают альтернативой не только бумажной коммуникации, но и стандартному электронному документообороту, который уже сократил многие операционные издержки. Более того, известные успешные проекты с точки зрения объема инвестиций доступны далеко не всем компаниям (например, проекты Walmart⁷, IBM и Maersk⁸).

Значительное влияние на оценку относительного преимущества технологии оказывает ее уровень развития и стабильности. В настоящий момент блокчейн еще характеризуется слабой масштабируемостью, ограниченной вычислительной мощностью, длительной записью транзакций, особенно в публичном блокчейне, и высоким энергопотреблением (Корыто et al., 2020, p. 7). Высокое энергопотребление вызывает озабоченность по поводу экологических последствий, однако уже сегодня в зависимости от архитектуры сети и выбора протоколов подтверждения блокчейн может быть организован более энергоэффективным способом, потребляющим не больше энергии, чем традиционные решения для баз данных⁹. Ожидается, что блокчейн преодолеет проблемы плохой масштабируемости и совместимости уже к 2023 году¹⁰, а еще через пять лет будет готов для массового внедрения. Не все разделяют этот оптимизм. Некоторые эксперты предполагают, что технологические проблемы блокчейна будут решены только к 2035 году (Корыто et al., 2020, p. 6). У смарт-контрактов дополнительные проблемы связаны с читабельностью кода, механизмами проверки его корректности и уязвимости, а также с возрастающей стоимостью ошибок программирования на начальных этапах.

⁷ How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain with Hyperledger Fabric [Электронный ресурс] // Hyperledger Foundation. 2018. URL: <https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study> (дата обращения: 25.01.2022).

⁸ How blockchain technology is beefing up supply chain visibility [Электронный ресурс] // Maersk. 2021. 30 July. URL: <https://www.maersk.com/news/articles/2021/07/27/how-blockchain-technology-is-beefing-up> (дата обращения: 25.01.2022).

⁹ Chapter 11. Artificial intelligence... P. 291.

¹⁰ Gartner sees blockchain as top tech trend for 2020 [Электронный ресурс] // Ledger Insights. 2019. 4 Dec. URL: <https://www.ledgerinsights.com/gartner-sees-blockchain-as-top-tech-trend-for-2020/> (дата обращения: 16.01.2022).

Например, опубликованные Percent Finance в ноябре 2020 года некорректные контракты привели к тому, что криптовалюта на сумму более 1 млн долл. была заблокирована в контрактах и стала непригодной для использования¹¹. Преодоление несовершенств технологии – базовое условие дальнейшего распространения смарт-контрактов.

Автоматизация процесса исполнения договора при использовании смарт-контрактов убирает некоторые элементы оппортунизма благодаря устранению человеческого фактора. Однако информация вне цифровой среды остается неконтролируемой, стороны, имеющие стимул отклониться от соглашения, могут сделать это в физическом мире (обман оракулов, передающих информацию для активации исполнения смарт-контрактов). В то же время неизменность записей уже заключенных соглашений, с одной стороны, охраняет договор от внесения несогласованных изменений и фальсификации содержания уже подписанного соглашения, но, с другой стороны, делает его негибким к изменениям внешней среды и форс-мажорным обстоятельствам, алгоритм действий при которых не был запрограммирован при заключении соглашения. В этом случае предварительные затраты на сбор информации для определения всех непредвиденных обстоятельств, а также их учет в коде контракта могут сделать разработку чрезмерно дорогостоящей (Werbach and Cornell, 2017, p. 360). Более того, гибкость традиционных договорных отношений за счет выработанных со временем институциональных механизмов достройки контрактов является условием эффективности. Устраняя ее, смарт-контракты обедняют договорные отношения и могут сделать формирование отдельных соглашений более сложным, дорогим и менее эффективным процессом, чем традиционный (Sklaroff, 2017, p. 277; Ferreira, 2021, p. 3). Тогда смарт-контракты будут уступать альтернативным технологическим решениям при управлении сложными транзакциями или между компаниями с устойчивыми отношениями и взаимным доверием.

В итоге, учитывая все ограничения, компании, выбирая между набором технологий, на внедрение которых распределяется ограниченный бюджет, рассматривают смарт-контракты не в первую очередь (Lage et al., 2022, p. 12).

2) Совместимость (организационная, институциональная) – степень, в которой инновация воспринимается как соответствующая существующим ценностям, прошлому опыту и потребностям пользователей (Rogers, 1962, p. 223).

Организационная совместимость связана с принятием инновации сотрудниками компании. Возможно сопротивление этому процессу, поскольку переход на блокчейн и смарт-контракты в межкорпоративном взаимодействии сопровождается реинжинирингом бизнес-процессов и сопутствующими изменениями в численности и квалификации сотрудников.

В формате смарт-контрактов выгодно заключать односложные сделки, которые принесут значительную экономию за счет многократного использования (Ивашенко и др., 2018, с. 75). Также смарт-контракты подходят

¹¹ Percent finance incident post-mortem [Электронный ресурс] // Percent Finance. 2020. 23 Nov. URL: <https://percent-finance.medium.com/percent-finance-incident-post-mortem-d4e419cf35ab> (дата обращения: 25.01.2022).

для договоров с почти мгновенным исполнением, когда затраты и риски непредвиденных изменений невелики, а условия (включая условия потенциального разрешения споров) просты, недвусмысленны и поддаются алгоритмическому кодированию (Howell and Potgieter, 2021, p. 552). Напротив, организационная сложность взаимодействия компаний в цепочках поставок или сетях может не поддаваться строгой регламентации, предполагаемой системой смарт-контрактов, что является ограничением по сравнению с традиционной договорной практикой (Sklaroff, 2017, p. 282).

Неопределенность правового регулирования отношений, оформленных в блокчейне, повышает риски для участников отрасли попасть в «серую зону» регулирования или реализовать проект, который потом будет признан не соответствующим нормативным требованиям. В настоящее время лишь в немногих странах создание документа в блокчейне является подтверждением его юридической значимости (Италия, некоторые штаты США), в остальных случаях требуются как минимум цифровые подписи всех участников помимо закрытых ключей, используемых в блокчейне.

Усложняет процесс включения смарт-контрактов в рамки правового поля и отсутствие единства в том, что понимать под этим понятием: полноценный договор, способ исполнения обязательств, способ обеспечения исполнения обязательств или просто компьютерную программу (Зайнутдинова, 2021, с. 127). Кроме того, переход на использование смарт-контрактов осложнен отсутствием у пользователей доверия к электронному формату, обусловленным риском потери файла в случае сбоя системы, отчуждаемостью электронной подписи и наличием рисков непризнания в суде в случае конфликта сторон.

3) Техническая совместимость – степень, в которой инновация совместима с текущими программно-аппаратными средствами. Вопросы совместимости для коммуникационных технологий имеют ключевое значение, поскольку различие в стандартах приводит к снижению воспринимаемого относительного преимущества, если у компании нет возможности свободно обмениваться информацией с использованием новой технологии.

В отношении смарт-контрактов техническая совместимость связана, во-первых, с тем, что для обмена нецифровыми активами требуется помимо использования блокчейна внедрить сопутствующие технологии (Интернет вещей, RFID и др.), установить датчики, провести маркировку товаров и другие действия, что расширяет требования к инфраструктуре и усложняет процесс внедрения. Кроме того, ограниченная совместимость и возможность загрузки договора в формате смарт в действующую в компании систему электронного документооборота повышает издержки по контролю бизнес-процессов.

4) Сложность – степень, в которой инновация воспринимается как трудная для понимания и использования. Если компания не обладает необходимыми для внедрения и применения инновации знаниями и инфраструктурой, то, даже если она примет ее под давлением торговых партнеров, использование и эффект будут ограничены (Premkumar et al., 1994, p. 165–166).

Применение смарт-контрактов требует специализированных знаний и квалифицированных специалистов, а значит, первоначальных инвестиций, что порождает неравномерность доступа к ним компаний. Опытных специалистов в этой области значительно меньше, чем потребность в них; также остаются относительно низкими технологическая грамотность и уровень знаний технологий блокчейна и смарт-контрактов, особенно за пределами индустрии и технического сообщества (Kogerin et al., 2021, p. 8–9), что становится дополнительным препятствием для диффузии.

5) Апробация – возможность попробовать инновацию до ее полноценного внедрения, которая позволяет пользователям сформировать свое представление, оценить преимущества, организационную и техническую совместимость, чтобы решение о принятии инновации было взвешенным.

Протестировать смарт-контракты не так просто, поскольку даже при использовании публичных площадок нужны те, кто готов составить контракт хотя бы минимальной сложности, а также контрагенты, готовые участвовать в эксперименте. Например, при реализации проекта для отслеживания дорогостоящего вина Everledger потребовалось около восемнадцати месяцев, чтобы договориться с контрагентами, без которых сервис был бы невозможен¹².

6) Коммуникабельность / наглядность – степень легкости, с которой результаты применения инновационного товара оказываются заметны покупателям и могут быть переданы другим. Для успешного внедрения и использования инновации важно, чтобы пользователи знали об этой инновации и ее преимуществах.

С одной стороны, декларируются экономические выгоды при переходе на смарт-контракты, с другой – эффект на практике не является моментальным и зачастую применение технологии приносит не явные выгоды в части сокращения административных расходов, а повышает общий уровень производительности за счет ускорения и прослеживаемости бизнес-процессов. Этот фактор снижает степень наглядности эффекта, что заставляет некоторые компании отказываться от внедрения технологии, так как они не видят выгоды.

7) Риск использования технологии – неопределенность возможных последствий от использования новых технологий. Риски использования смарт-контрактов связаны с конфиденциальностью, безопасностью и уязвимостью технологий.

Несмотря на конфиденциальность сделок и защищенность сети, методы анализа графов и алгоритмы позволяют получать определенные данные даже из псевдоанонимных сетей, а их сопоставление приводит к раскрытию корпоративной информации (Ferreira, 2021, p. 6). Более того, смарт-контракты противоречат законодательству о защите данных: нет ответственного за хранение данных, поскольку они дублируются на множестве узлов во многих юрисдик-

¹² Clancy H. The blockchain's emerging role in sustainability [Электронный ресурс] // GreenBiz. 2017. 6 Feb. URL: <https://www.greenbiz.com/article/blockchains-emerging-role-sustainability> (дата обращения: 01.02.2022).

циях; внесенные персональные и иные данные не могут быть удалены (не реализуется право на забвение)¹³.

Существуют также сомнения по поводу высокой степени защищенности системы распределенного реестра, поскольку уже есть прецедент «атаки 51 %». Хакер, чтобы получить контроль над сетью Ethereum Classic, арендовал у майнинг-пула NiceHash вычислительные мощности, заплатив за это 192 тыс. долл., а заработал в результате своих действий 5,6 млн долл.¹⁴ В отношении корпоративных блокчейн-систем, которые создаются ограниченным числом участников, эта угроза выше и нивелируется только использованием иного механизма подтверждения записей или дополнительными соглашениями между компаниями.

Отсутствие контроля за качеством информации, изначально вводимой в блокчейн, и возможность манипулирования этими необработанными данными (Lim et al., 2021, p. 3), а также низкая по сравнению с блокчейном степень защищенности от кибератак датчиков и устройств, подключенных к Интернету вещей (Zhang and Sakurai, 2020, p. 569), приводят к повышению рисков использования смарт-контрактов для оформления сделок с физическими активами и снижают интерес предпринимателей к такой форме договора (Meier and Sannajust, 2021, p. 1084).

Сами смарт-контракты на текущем этапе развития подвержены уязвимости в части проработки кода. В 2018 году по итогам анализа 970 898 смарт-контрактов на платформе Ethereum было выявлено, что 3,52 % контрактов уязвимы и позволяют украсть, заморозить или удалить активы, отраженные в них (Nikolić et al., 2018, p. 653–654).

Очевидно, что такое количество рисков, связанных с использованием технологии, не способствует ее быстрому распространению.

Помимо разницы в скорости диффузии в зависимости от приведенных характеристик инноваций, некоторые исследователи обратили внимание на отличия развитых и развивающихся стран. В систематическом обзоре литературы (Zanello et al., 2016) выделено шесть характеристик развивающихся стран, которые влияют на распространение инноваций: характер инновации; несоответствие местным потребностям; особенности каналов коммуникации; низкая концентрация фирм; неполные, устаревшие или неразвитые институциональные механизмы; внутренние факторы фирм (ограниченные финансовые ресурсы и отсутствие технических знаний). С учетом этих особенностей есть предположения, что компании из развитых стран в среднем внедряют смарт-контракты быстрее, чем компании из развивающихся стран, и что неравенство в краткосрочной перспективе ограничит реализацию глобальной автоматизации цепочек поставок (Kopyto et al., 2020, p. 8).

¹³ Amaral M. Case 3. Blockchain and smart contracts: Regulatory challenges and regulatory approaches [Электронный ресурс] // Case studies on the regulatory challenges raised by innovation and the regulatory responses. Paris: OECD Publishing, 2021. P. 63–76. <https://doi.org/10.1787/8fa190b5-en>. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/fbf2ebe9-en/index.html?itemId=/content/component/fbf2ebe9-en> (дата обращения: 16.01.2022).

¹⁴ Семь Ethereum Classic атаковали 2 раза за неделю. Хакер уже украл \$5,6 млн [Электронный ресурс] // РБК. 2020. 6 авг. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5f2ba71a9a7947a7b2631c1a> (дата обращения: 01.02.2022).

В то же время нужно иметь в виду, что смарт-контракты приносят дополнительную ценность, когда создают условия для повышения доверия в ситуациях, где существующие социальные и институциональные механизмы не справляются либо недостаточно эффективны (Gans, 2019, p. 6; Howell and Potgieter, 2021, p. 548). Кроме того, институциональная среда сильно варьируется среди развивающихся стран. И если в одних странах она не способствует внедрению новых технологий, то в других, например Кении и Нигерии, напротив, видят здесь возможности для развития бизнеса и сокращения экономического отставания.

На основе анализа характеристик смарт-контрактов по классификации Э. Рождерса и факторов, препятствующих диффузии, проведена оценка степени потенциального влияния ключевых акторов, связанных с развитием технологий: разработчиков, регуляторов (государственных органов), пользователей (компаний), на улучшение значимых для диффузии характеристик смарт-контрактов (табл.).

Таблица / Table

Сравнительный анализ влияния ключевых акторов на характеристики смарт-контрактов / Comparative analysis of the key actors influence on smart contracts characteristics

Характеристика	Степень влияния на улучшение характеристик смарт-контрактов, значимых для диффузии		
	Разработчики / развитие технологий	Регулятор / формулирование государственной политики	Компании / использование технологий
Относительное преимущество	<i>Высокая.</i> Устранение технологических проблем, повышение энергоэффективности	<i>Средняя.</i> Создание условий, в том числе правовых, для исследования и использования технологий	<i>Средняя.</i> Вовлечение контрагентов, масштабирование и популяризация успешного опыта
Совместимость (организационная, институциональная)	<i>Низкая.</i> Нет прямого влияния. Организационная совместимость связана с принятием технологий, а не с их техническими характеристиками	<i>Высокая.</i> Разработка правового регулирования, повышение доверия к электронным документам за счет расширения судебной практики	<i>Высокая.</i> Принятие технологий внутри компании зависит от ее инновационной стратегии. Трансформация форм взаимодействия приведет к необходимости адаптации
Техническая совместимость	<i>Средняя.</i> Разработка единых стандартов для возможности передачи данных между разными сетями	<i>Низкая.</i> Государство может стимулировать разработку стандартов, но не должно их устанавливать нормативно на таких ранних этапах развития технологий	<i>Низкая.</i> При внедрении технологий компания должна обеспечить требуемую инфраструктуру

Характеристика	Степень влияния на улучшение характеристик смарт-контрактов, значимых для диффузии		
	Разработчики / развитие технологий	Регулятор / формулирование государственной политики	Компании / использование технологий
Сложность	<i>Высокая.</i> Упрощение использования технологий (например, создание шаблонов контрактов)	<i>Средняя.</i> Расширение знаний о технологиях, подготовка кадров соответствующей квалификации	<i>Низкая.</i> Нет прямого влияния
Апробация	<i>Низкая.</i> Предоставление от компаний – поставщиков блокчейн-решений возможности тестирования до внедрения	<i>Низкая.</i> Нет прямого влияния	<i>Средняя.</i> Вовлечение контрагентов в тестовое использование
Коммуникабельность / наглядность	<i>Низкая.</i> Нет прямого влияния	<i>Низкая.</i> Расширение знаний о технологиях через обучение, распространение информации	<i>Средняя.</i> Популяризация успешного опыта
Риск использования технологии	<i>Высокая.</i> Многие риски имеют технологическую природу, вероятность их наступления может быть снижена	<i>Высокая.</i> Разработка регулирования для снижения рисков нарушения правовых норм	<i>Средняя.</i> Привлечение к работе с технологиями квалифицированных специалистов

Источник: составлено автором.

Результаты анализа показали, что наименьшее влияние ключевые акторы могут оказать на улучшение технической совместимости, коммуникабельности / наглядности и апробации технологий, в то время как наибольшему влиянию подвержены относительное преимущество, организационная и институциональная совместимость, риски использования технологий. При этом средний уровень влияния всех участников на процесс диффузии примерно одинаковый.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье определено, что смарт-контракты, которые находятся в начале становления, соответствуют на кривой диффузии интересам ранних последователей, а значит, перед ними сейчас «пропасть Мура», преодоление которой определяет успешность дальнейшей диффузии.

Систематизированы основные факторы, препятствующие распространению смарт-контрактов, в соответствии с характеристиками инноваций,

определяющими скорость и успешность диффузии. Результаты анализа показали, что наибольшее значение для распространения исследуемой цифровой технологии имеют факторы относительного преимущества, организационной и институциональной совместимости, рисков использования технологии. Это связано с тем, что технология находится на ранней стадии развития, выгоды от ее использования неочевидны, имеются технологические несовершенства, практически отсутствует правовое регулирование, а провоцируемые изменения в бизнесе и коммуникациях встречают сопротивление в силу высокой степени отличия от традиционных способов оформления договорных отношений.

На основе анализа содержания характеристик и барьеров была проведена оценка степени возможного влияния на них ключевых акторов диффузии инноваций – разработчиков, регулятора (государственных органов) и пользователей (компаний), что показало возможные направления по стимулированию распространения технологий каждым участником.

Поскольку смарт-контракты оцениваются как технология, способная привести к значительному преобразованию отраслей, рынков и даже правовых основ соглашений, то такие контракты являются вызовом для регулятора, который должен найти баланс между стимулированием инноваций и защитой пользователей от потенциальных рисков.

Согласно результатам исследования, регулирующие органы могут оказать наибольшее влияние на диффузию смарт-контрактов через обеспечение условий для организационной и институциональной совместимости инновации, а также снижения правовых рисков ее применения. В этом отношении в России уже принимаются нормативные акты, в частности в октябре 2019 года были внесены изменения в Гражданский кодекс Российской Федерации¹⁵, утверждающие статус смарт-контрактов как формы исполнения обязательств при письменной форме сделки. Это позволяет использовать технологию с большей уверенностью, что в суде будет признана значимость заключенного договора. Тем не менее для дальнейшей диффузии требуется определенность законодательства и в отношении блокчейна как в части юридической значимости заключаемых соглашений, так и особенностей обращения цифровых и токенизированных активов.

Особое значение для диффузии имеют расширение знаний о технологии смарт-контрактов и подготовка квалифицированных кадров, что должно быть обеспечено, в том числе при участии государства. На одну из наиболее значимых характеристик – относительного преимущества – регулятор может воздействовать посредством стимулирования изучения и внедрения технологии как в компаниях (налоговое стимулирование), так и в научно-исследовательских центрах. Изучение смарт-контрактов и блокчейна будет способствовать решению проблем со стабильностью работы и уязвимостью этих технологий, а также расширению сфер их приложения.

¹⁵ О внесении изменений в части первую, вторую и статью 1124 части третьей Гражданского кодекса Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон от 18.03.2019 № 34-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320398/ (дата обращения: 15.01.2022).

Таким образом, приоритетами государственной политики в области регулирования и применения смарт-контрактов должны быть обеспечение условий для организационной и институциональной совместимости инновации, подготовка кадров, снижение правовых рисков использования этой цифровой технологии, например с помощью механизма регуляторных песочниц.

Полученные результаты имеют практическую значимость для разработки стратегий по управлению распространением смарт-контрактов на микро- и макроуровне. При этом настоящая работа имеет ограничения, связанные с динамикой развития инноваций, поскольку изменения в самих технологиях, условиях и правилах их применения приведут к пересмотру значимости характеристик изучаемых технологий и степени влияния ключевых акторов на стимулирование их распространения. Дальнейшие исследования позволят углубить анализ роли различных участников процесса диффузии, а также оценить региональную специфику распространения смарт-контрактов.

Список источников

Делицын Л. Л. Прогнозирование распространения Интернета при помощи модели диффузии нововведений // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия «Информатика, телекоммуникации и управление». 2010. № 1. С. 74–82.

Зайнутдинова Е. В. Модели правового регулирования смарт-контракта: общее и особенное // Право. Журнал Высшей школы экономики. 2021. № 3. С. 126–147. <https://doi.org/10.17323/2072-8166.2021.3.126.147>.

Земцов С. П., Бабурин В. Л. Моделирование диффузии инноваций и типология регионов России на примере сотовой связи // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 4. С. 17–30. <https://doi.org/10.7868/S0373244417100024>.

Иващенко Н. П., Шаститко А. Е., Шпакова А. А. Смарт-контракты в свете новой институциональной экономической теории // Journal of Institutional Studies. 2019. Т. 11, № 3. С. 64–83. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2019.11.3.064-083>.

Накамото С. Биткойн: система цифровой пиринговой наличности [Электронный ресурс] // Bitcoin Project. 2008. 10 с. URL: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_ru.pdf (дата обращения: 01.12.2021).

Черенков В. И., Марьяненко В. П., Черенкова Н. И. Развитие теории инноваций: некоторые проблемы // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2019. № 1. С. 3–29. <https://doi.org/10.38050/01300105201911>.

Akter S., Michael K., Uddin M. R. et al. Transforming business using digital innovations: The application of AI, blockchain, cloud and data analytics // Annals of Operations Research. 2022. Vol. 308. P. 7–39. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03620-w>.

Al Sadawi A., Madani B., Saboor S. et al. A comprehensive hierarchical blockchain system for carbon emission trading utilizing blockchain of things and smart contract // Technological Forecasting and Social Change. 2021. Vol. 173, № 4. Art. № 121124. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121124>.

Badi S., Ochieng E., Nasaj M. et al. Technological, organisational and environmental determinants of smart contracts adoption: UK construction sector viewpoint // *Construction Management and Economics*. 2021. Vol. 39, № 4. P. 36–54. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1819549>.

Broekhuizen T. L. J., Broekhuis M., Gijzenberg M. J. et al. Introduction to the special issue – Digital business models: A multi-disciplinary and multi-stakeholder perspective // *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 847–852. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.04.014>.

Chang Y. L., Iakovou E., Shi W. D. Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities // *International Journal of Production Research*. 2020. Vol. 58, № 7. P. 2082–2099. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651946>.

Correani A., De Massis A., Frattini F. et al. Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects // *California Management Review*. 2020. Vol. 62, № 4. P. 37–56. <https://doi.org/10.1177/0008125620934864>.

Davidson S., De Filippi P., Potts J. Blockchains and the economic institutions of capitalism // *Journal of Institutional Economics*. 2018. Vol. 14, № 4. P. 639–658. <https://doi.org/10.1017/s1744137417000200>.

Davis F. D., Bagozzi R. P., Warshaw P. R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models // *Management Science*. 1989. Vol. 35, № 8. P. 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>.

Ferreira A. Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution? // *Telecommunications Policy*. 2021. Vol. 45, № 2. Art. № 102081. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102081>.

Frizzo-Barker J., Chow-White P. A., Adams P. R. et al. Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review // *International Journal of Information Management*. 2020. Vol. 51. Art. № 102029. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014>.

Gans J. S. The fine print in smart contracts // *NBER Working Paper Series*. 2019. № w25443. 25 p. <https://doi.org/10.3386/w25443>.

Groschopf W., Dobrovnik M., Herneth C. Smart contracts for sustainable supply chain management: Conceptual frameworks for supply chain maturity evaluation and smart contract sustainability assessment // *Frontiers in Blockchain*. 2021. Vol. 4. Art. № 506436. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.506436>.

Howell B. E., Potgieter P. H. Uncertainty and dispute resolution for blockchain and smart contract institutions // *Journal of Institutional Economics*. 2021. Vol. 17, № 4. P. 545–559. <https://doi.org/10.1017/S1744137421000138>.

Katz M. L., Shapiro C. Systems competition and network effects // *Journal of Economic Perspectives*. 1994. Vol. 8, № 2. P. 93–115. <https://doi.org/10.1257/jep.8.2.93>.

Kiiski S., Pohjola M. Cross-country diffusion of the Internet // *Information Economics and Policy*. 2002. Vol. 14, № 2. P. 297–310. [https://doi.org/10.1016/S0167-6245\(01\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S0167-6245(01)00071-3).

Kopyto M., Lechler S., Heiko A. et al. Potentials of blockchain technology in supply chain management: Long-term judgments of an international expert panel //

- Technological Forecasting and Social Change. 2020. Vol. 161. Art. № 120330. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120330>.
- Korepin V., Dzenzeliuk N., Seryshev R. *et al.* Improving supply chain reliability with blockchain technology // Maritime Economics and Logistics. 2021. <https://doi.org/10.1057/s41278-021-00197-4>.
- Kshetri N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives // International Journal of Information Management. 2018. Vol. 39. P. 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>.
- Lage O., Saiz-Santos M., Zarzuelo J. M. Real business applications and investments in blockchain technology // Electronics. 2022. Vol. 11, № 3. Art. № 438. <https://doi.org/10.3390/electronics11030438>.
- Leduc G., Kubler S., Georges J.-P. Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 306. Art. № 127055. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127055>.
- Liang T. P., Kohli R., Huang H.-Ch. *et al.* What drives the adoption of the blockchain technology? A fit-viability perspective // Journal of Management Information Systems. 2021. Vol. 38, № 2. P. 314–337. <https://doi.org/10.1080/07421222.2021.1912915>.
- Lim M. K., Li Y., Wang C. *et al.* A literature review of blockchain technology applications in supply chains: A comprehensive analysis of themes, methodologies and industries // Computers & Industrial Engineering. 2021. Vol. 154, № 1. Art. № 107133. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107133>.
- Mahler A., Rogers E. M. The diffusion of interactive communication innovations and the critical mass: the adoption of telecommunications services by German banks // Telecommunications Policy. 1999. Vol. 23, № 10–11. P. 719–740. [https://doi.org/10.1016/S0308-5961\(99\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0308-5961(99)00052-X).
- Meade N., Islam T. Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review // International Journal of Forecasting. 2006. Vol. 22. P. 514–545. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.01.005>.
- Meier O., Sannajust A. The smart contract revolution: A solution for the holdup problem? // Small Business Economics. 2021. Vol. 57, № 4. P. 1073–1088. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00339-7>.
- Mitra S., Priya P., Venkatesh A. *et al.* Timely forecasts of diffusion of innovations: The bass model in emerging markets // Global Business Review. 2020. <https://doi.org/10.1177/0972150920973492>.
- Moore G. A. Crossing the chasm: Marketing and selling high-tech products to mainstream customers. New York: Harper Business, 2006. 227 p.
- Murray A., Kuban A., Josefy N. *et al.* Contracting in the smart era: The implications of blockchain and decentralized autonomous organizations for contracting and corporate governance // Academy of Management Perspectives. 2021. Vol. 35, № 4. P. 622–641. <https://doi.org/10.5465/amp.2018.0066>.
- Nikolić I., Kolluri A., Sergey I. *et al.* Finding the greedy, prodigal, and suicidal contracts at scale // Proceedings of the 34th Annual Computer Security Applications Conference. New York: Association for Computing Machinery, 2018. P. 653–663. <https://doi.org/10.1145/3274694.3274743>.

Premkumar G., Ramamurthy K., Nilakanta S. Implementation of electronic data interchange: An innovation diffusion perspective // *Journal of Management Information Systems*. 1994. Vol. 11, № 2. P. 157–186. <https://doi.org/10.1080/0742122.1994.1158044>.

Rogers E. M. Diffusion of innovations. New York: The Free Press of Glencoe Division of the Macmillan Co., 1962. 367 p.

Savelyev A. Contract law 2.0: “Smart” contracts as the beginning of the end of classic contract law // *Information & Communications Technology Law*. 2017. Vol. 26, № 2. P. 116–134. <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1301036>.

Sillaber C., Walzl B., Treiblmaier H. et al. Laying the foundation for smart contract development: An integrated engineering process model // *Information Systems and e-Business Management*. 2021. Vol. 19. P. 863–882. <https://doi.org/10.1007/s10257-020-00465-5>.

Sklaroff J. M. Smart contracts and the cost of inflexibility // *University of Pennsylvania Law Review*. 2017. Vol. 166, № 1. P. 263–303.

Szabo N. Smart contracts: Building blocks for digital markets // *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*. 1996. Vol. 16. P. 16–28.

Tang C. S., Veelenturf L. P. The strategic role of logistics in the industry 4.0 era // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2019. Vol. 129, № 4. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>.

Tornatzky L. G., Klein K. J. Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings // *IEEE Transactions on Engineering Management*. 1982. Vol. EM-29, № 1. P. 28–45. <http://doi.org/10.1109/TEM.1982.6447463>.

Van Veldhoven Z., Vanthienen J. Digital transformation as an interaction-driven perspective between business, society, and technology // *Electronic Markets*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00464-5>.

Vargo S. L., Akaka M. A., Wieland H. Rethinking the process of diffusion in innovation: A service-ecosystems and institutional perspective // *Journal of Business Research*. 2020. Vol. 116. P. 526–534. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.038>.

Verhoef P., Broekhuizen T. L. J., Bart Ya. et al. Digital transformation: A multi-disciplinary reflection and research agenda // *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.

Werbach K., Cornell N. Contracts ex machina // *Duke Law Journal*. 2017. Vol. 67. P. 313–382.

Zanello G., Fu X., Mohnen P. et al. The creation and diffusion of innovation in developing countries: A systematic literature review // *Journal of Economic Surveys*. 2016. Vol. 30, № 5. P. 884–912. <https://doi.org/10.1111/joes.12126>.

Zhang H., Sakurai K. Blockchain for IoT-based digital supply chain: A survey // *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2020. Vol. 47. P. 564–573. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39746-3_57.

Информация об авторе

А. А. Шпакова – ассистент кафедры экономики инноваций экономического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 119234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1; младший научный сотрудник Центра исследований конкуренции и экономического регулирования Института прикладных экономических исследований ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», 119571, Россия, г. Москва, просп. Вернадского, 82, стр. 1

SPIN-код (РИНЦ): 3242-8297

AuthorID (РИНЦ): 893542

Web of Science ResearcherID: W-1623-2019

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.02.2022; одобрена после рецензирования 07.03.2022; принята к публикации 07.03.2022.

References

Delitsyn, L. L. (2010), "Forecasting the spread of the Internet using the diffusion model of innovations", *St. Petersburg Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems*, no. 1, pp. 74–82.

Zainutdinova, E. V. (2021), "Models of legal regulation of a smart contract: General and special", *Law. Journal of the Higher School of Economics*, vol. 3, pp. 126–147, <https://doi.org/10.17323/2072-8166.2021.3.126.147>.

Zemtsov, S. P. and Baburin, V. L. (2017), "Modeling of diffusion of innovation and typology of Russian regions: A case study of cellular communication", *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, no. 4, pp. 17–30, <https://doi.org/10.7868/S0373244417100024>.

Ivashchenko, N. P., Shastitko, A. Ye. and Shpakova, A. A. (2019), "Smart contracts through the lens of the new institutional economics", *Journal of Institutional Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 64–83, <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2019.11.3.064-083>.

Nakamoto, S. (2008), "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system", *Bitcoin Project*, 10 p. [Online], available at: https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_ru.pdf (Accessed Dec. 1, 2021).

Cherenkov, V. I., Marianenko, V. P. and Cherenkova, N. I. (2019), "Some issues of developing the theory of innovation", *Moscow University Economics Bulletin*, no. 1, pp. 3–29, <https://doi.org/10.38050/01300105201911>.

Akter, S., Michael, K., Uddin, M. R. et al. (2022), "Transforming business using digital innovations: The application of AI, blockchain, cloud and data analytics", *Annals of Operations Research*, vol. 308, pp. 7–39, <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03620-w>.

Al Sadawi, A., Madani, B., Saboor, S. et al. (2021), "A comprehensive hierarchical blockchain system for carbon emission trading utilizing blockchain of things

and smart contract”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 173, no. 4, art. no. 121124, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121124>.

Badi, S., Ochieng, E., Nasaj, M. et al. (2021), “Technological, organisational and environmental determinants of smart contracts adoption: UK construction sector viewpoint”, *Construction Management and Economics*, vol. 39, no. 4, pp. 36–54, <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1819549>.

Broekhuizen, T. L. J., Broekhuis, M., Gijsenberg, M. J. et al. (2021), “Introduction to the special issue – Digital business models: A multi-disciplinary and multi-stakeholder perspective”, *Journal of Business Research*, vol. 122, pp. 847–852, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.04.014>.

Chang, Y. L., Iakovou, E. and Shi, W. D. (2020), “Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities”, *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 7, pp. 2082–2099, <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651946>.

Correani, A., De Massis, A., Frattini, F. et al. (2020), “Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects”, *California Management Review*, vol. 62, no. 4, pp. 37–56, <https://doi.org/10.1177/0008125620934864>.

Davidson, S., De Filippi, P. and Potts, J. (2018), “Blockchains and the economic institutions of capitalism”, *Journal of Institutional Economics*, vol. 14, no. 4, pp. 639–658, <https://doi.org/10.1017/s1744137417000200>.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P. and Warshaw, P. R. (1989), “User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models”, *Management Science*, vol. 35, no. 8, pp. 982–1003, <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>.

Ferreira, A. (2021), “Regulating smart contracts: Legal revolution or simply evolution?”, *Telecommunications Policy*, vol. 45, no. 2, art. no. 102081, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102081>.

Frizzo-Barker, J., Chow-White, P. A., Adams, P. R. et al. (2020), “Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review”, *International Journal of Information Management*, vol. 51, art. no. 102029, <https://doi.org/10.1016/j.ijin-fomgt.2019.10.014>.

Gans, J. S. (2019), “The fine print in smart contracts”, *NBER Working Paper Series*, no. w25443, 25 p., <https://doi.org/10.3386/w25443>.

Groschopf, W., Dobrovnik, M. and Herneth, C. (2021), “Smart contracts for sustainable supply chain management: Conceptual frameworks for supply chain maturity evaluation and smart contract sustainability assessment”, *Frontiers in Blockchain*, vol. 4, art. no. 506436, <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.506436>.

Howell, B. E. and Potgieter, P. H. (2021), “Uncertainty and dispute resolution for blockchain and smart contract institutions”, *Journal of Institutional Economics*, vol. 17, no. 4, pp. 545–559, <https://doi.org/10.1017/S1744137421000138>.

Katz, M. L. and Shapiro, C. (1994), “Systems competition and network effects”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, no. 2, pp. 93–115, <https://doi.org/10.1257/jep.8.2.93>.

Kiiski, S. and Pohjola, M. (2002), “Cross-country diffusion of the Internet”, *Information Economics and Policy*, vol. 14, no. 2, pp. 297–310, [https://doi.org/10.1016/S0167-6245\(01\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S0167-6245(01)00071-3).

Kopyto, M., Lechler, S., Heiko, A. et al. (2020), "Potentials of blockchain technology in supply chain management: Long-term judgments of an international expert panel", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 161, art. no. 120330, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120330>.

Korepin, V., Dzenzeliuk, N., Seryshev, R. et al. (2021), "Improving supply chain reliability with blockchain technology", *Maritime Economics and Logistics*, <https://doi.org/10.1057/s41278-021-00197-4>.

Kshetri, N. (2018), "Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives", *International Journal of Information Management*, vol. 39, pp. 80–89, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>.

Lage, O., Saiz-Santos, M. and Zarzuelo, J. M. (2022), "Real business applications and investments in blockchain technology", *Electronics*, vol. 11, no. 3, art. no. 438, <https://doi.org/10.3390/electronics11030438>.

Leduc, G., Kubler, S. and Georges, J.-P. (2021), "Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation", *Journal of Cleaner Production*, vol. 306, art. no. 127055, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127055>.

Liang, T. P., Kohli, R., Huang, H.-Ch. et al. (2021), "What drives the adoption of the blockchain technology? A fit-viability perspective", *Journal of Management Information Systems*, vol. 38, no. 2, pp. 314–337, <https://doi.org/10.1080/07421222.2021.1912915>.

Lim, M. K., Li, Y., Wang, C. et al. (2021), "A literature review of blockchain technology applications in supply chains: A comprehensive analysis of themes, methodologies and industries", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 154, no. 1, art. no. 107133, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107133>.

Mahler, A. and Rogers, E. M. (1999), "The diffusion of interactive communication innovations and the critical mass: the adoption of telecommunications services by German banks", *Telecommunications Policy*, vol. 23, no. 10–11, pp. 719–740, [https://doi.org/10.1016/S0308-5961\(99\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0308-5961(99)00052-X).

Meade, N. and Islam, T. (2006), "Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review", *International Journal of Forecasting*, vol. 22, pp. 514–545, <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.01.005>.

Meier, O. and Sannajust, A. (2021), "The smart contract revolution: A solution for the holdup problem?", *Small Business Economics*, vol. 57, no. 4, pp. 1073–1088, <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00339-7>.

Mitra, S., Priya, P., Venkatesh, A. et al. (2020), "Timely forecasts of diffusion of innovations: The bass model in emerging markets", *Global Business Review*, <https://doi.org/10.1177/0972150920973492>.

Moore, G. (2006), *Crossing the chasm: Marketing and selling high-tech products to mainstream customers*, Harper Business, NYC, NY, US.

Murray, A., Kuban, A., Josefy, N. et al. (2021), "Contracting in the smart era: The implications of blockchain and decentralized autonomous organizations for contracting and corporate governance", *Academy of Management Perspectives*, vol. 35, no. 4, pp. 622–641, <https://doi.org/10.5465/amp.2018.0066>.

Nikolić, I., Kolluri, A., Sergey, I. et al. (2018), "Finding the greedy, prodigal, and suicidal contracts at scale", in *Proceedings of the 34th Annual Computer Secu-*

- ity Applications Conference*, Association for Computing Machinery, NYC, NY, US, pp. 653–663, <https://doi.org/10.1145/3274694.3274743>.
- Premkumar, G., Ramamurthy, K. and Nilakanta, S. (1994), “Implementation of electronic data interchange: An innovation diffusion perspective”, *Journal of Management Information Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 157–186, <https://doi.org/10.1080/07421222.1994.1158044>.
- Rogers, E. M. (1962), *Diffusion of innovations*, 1st ed., The Free Press of Glencoe Division of the Macmillan Co., NYC, NY, US.
- Savelyev, A. (2017), “Contract law 2.0: “Smart” contracts as the beginning of the end of classic contract law”, *Information & Communications Technology Law*, vol. 26, no. 2, pp. 116–134, <https://doi.org/10.1080/13600834.2017.1301036>.
- Sillaber, C., Waltl, B., Treiblmaier, H. et al. (2021), “Laying the foundation for smart contract development: an integrated engineering process model”, *Information Systems and e-Business Management*, vol. 19, pp. 863–882, <https://doi.org/10.1007/s10257-020-00465-5>.
- Sklaroff, J. M. (2017), “Smart contracts and the cost of inflexibility”, *University of Pennsylvania Law Review*, vol. 166, no. 1, pp. 263–303.
- Szabo, N. (1996), “Smart contracts: Building blocks for digital markets”, *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, vol. 16, pp. 16–28.
- Tang, C. S. and Veelenturf, L. P. (2019), “The strategic role of logistics in the industry 4.0 era”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 129, no. 4, pp. 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>.
- Tornatzky, L. G. and Klein, K. J. (1982), “Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 29, no. 1, pp. 28–45, <http://doi.org/10.1109/TEM.1982.6447463>.
- Van Veldhoven, Z. and Vanthienen, J. (2021), “Digital transformation as an interaction-driven perspective between business, society, and technology”, *Electronic Markets*, <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00464-5>.
- Vargo, S. L., Akaka, M. A. and Wieland, H. (2020), “Rethinking the process of diffusion in innovation: A service-ecosystems and institutional perspective”, *Journal of Business Research*, vol. 116, pp. 526–534, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.038>.
- Verhoef, P., Broekhuizen, T. L. J., Bart, Ya. et al. (2021), “Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda”, *Journal of Business Research*, vol. 122, pp. 889–901, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.
- Werbach, K. and Cornell, N. (2017), “Contracts ex machina”, *Duke Law Journal*, vol. 67, pp. 313–382.
- Zanello, G., Fu, X., Mohnen, P. et al. (2016), “The creation and diffusion of innovation in developing countries: A systematic literature review”, *Journal of Economic Surveys*, vol. 30, no. 5, pp. 884–912, <https://doi.org/10.1111/joes.12126>.
- Zhang, H. and Sakurai, K. (2020), “Blockchain for IOT-based digital supply chain: A survey”, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 47, pp. 564–573, https://doi.org/10.1007/978-3-030-39746-3_57.

Information about the author

A. A. Shpakova – Assistant of Innovation Economics Department, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory str., Moscow, 119991, Russia; Junior Researcher of Centre for Competition and Economic Regulation Studies, Institute of Applied Economic Research (IAER), Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 82/1 Vernadsky ave., Moscow, 119571, Russia

SPIN-code (RSCI): 3242-8297

AuthorID (RSCI): 893542

Web of Science ResearcherID: G-8490-2018

The author declares no conflicts of interests.

The article was submitted 12.02.2021; approved after reviewing 07.03.2022; accepted for publication 07.03.2022.