

DOI: [10.32702/2307-2105-2018.11.84](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2018.11.84)

УДК 336.7: 338.23

*Т. О. Кричевська,
кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу економічної теорії,
ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»,*

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕЄСТРУ: ТЕОРЕТИКО-ІНСТИТУЦІЙНІ ЗАСАДИ, ПОТЕНЦІАЛ, ФАКТИЧНІ ДОСЯГНЕННЯ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

*Т. О. Krychevska
Leading Researcher, PhD in Economics, Senior Research Fellow in Economic Theory,
Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine*

DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY: THEORETICAL AND INSTITUTIONAL FOUNDATIONS, POTENTIAL, ACTUAL ACHIEVEMENTS, AND SOCIO-ECONOMIC ROLE

У статті розглянуті особливості інновацій, що лежать в основі технології розподілених реєстрів, її різновиди, потенційні і фактично реалізовані напрями застосування, організаційні форми відповідних проектів. Показано, як ця технологія трансформується в напрямку наближення до централізованих реєстрів, але водночас стимулює удосконалення і модернізацію останніх. Виявлено, що для максимального використання потенціалу ТРР необхідна інтеграція децентралізованих систем з правовим полем і зміна технології не лише у проблемних ланках, що найбільше виграють від її застосування, а й в середовищах, з якими ці ланки взаємодіють. Як свідчить досвід реально запроваджених ТРР-проектів, найбільш успішними з технічних та інституційних причин виявляються платформи, що перебувають десь посередині спектру централізованих і децентралізованих реєстрів, тож втілення радикальної лібертаріанської місії ТРР ще не знайдено – системам потрібний централізований арбітр, координатор, суб'єкт відповідальності і гнучкість, якої можна досягти за допомогою авторитетного втручання в протокол. Зроблено висновок, що навіть максимальне поширення ТРР не означатиме перемогу мереж над ієрархіями і демократизацію: по-перше, тому, що будь-яким мережам властиві процеси подальшої ієрархієзації, а по-друге, відновлення ієрархічного порядку може виявитися необхідним для запобігання сповзанню в анархію.

The article considers the features of innovations underlying the distributed ledgers technology, its arrangements, potential and actual implementations, organizational forms of the respective projects are considered. The key innovation of the blockchain technology is solving the problem of protection against double spending, which allows to switch to the so-called "Internet of Values" – direct exchange of currencies and other assets between users. Accordingly, in the broader socio-economic sense, the technology innovation of a distributed ledger is to create a mechanism for reaching a consensus without a centralized arbitrator, which, according to the

supporters of these technologies, enables "economize on trust." It is shown how this technology is transformed in the direction of approaching centralized ledgers, but at the same time stimulates the improvement and modernization of the latter. It is revealed that to maximize the use of the DLT potential, we need the integration of decentralized systems with the legal field and the change of technology not only in the problem link that benefit most from DLT application, but also in the environments with which such links interact. The experience of actually implemented DLT projects witnesses, that the most successful for technical and institutional reasons are platforms located somewhere in the midst of a spectrum of centralized and decentralized ledgers, so the implementation of the radical Libertarian mission of the DLT has not yet been found; systems need a centralized arbiter, coordinator, subject of responsibility and the flexibility that can be achieved through authoritative interference with the protocol. It is concluded that even the maximum proliferation of DLT does not mean the victory of networks over hierarchies and democratization: firstly, because any networks have intrinsic processes of further hierarchization, and secondly, as Niall Ferguson shows, the restoration of the hierarchical order may be necessary to prevent slippage into anarchy.

Ключові слова: *технологія розподіленого реєстру (TPP); блокчейн; криптографія; механізм консенсусу; розподілений реєстр; транзакція; децентралізація; мережа.*

Key words: *distributed ledger technology (DLT); blockchain; cryptography; consensus mechanism; distributed ledger; transaction; decentralization; network.*

Постановка проблеми. Сьогодні досить поширеною є точка зору, що хоча криптовалюти не стали інструментом побудови нового, більш децентралізованого економічного порядку, потенціал технології блокчейн та широкої групи технологій розподіленого реєстру є набагато більшим. У цій статті ми розглянемо особливості інновацій, що лежать в основі технології розподілених реєстрів (TPP), її різновиди, потенційні і фактично реалізовані напрями застосування, обмеження, організаційні форми відповідних проектів. Порівняння місії технології, якою її наділяють ентузіасти, з фактично досягнутими результатами дозволить оцінити межі її застосування і ще раз поглянути на роль централізації і децентралізації в соціально-економічних взаємодіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після певного спаду дослідницького інтересу наукових центрів, міжнародних організацій і національних регуляторів до феномену криптовалют і переходу до виконання більш вузьких завдань щодо їхнього введення до регулятивного поля, яке зрештою, і покаже, що залишиться в «сухому залишку», об'єктом більш пильного вивчення стали технології, що лежать в їхній основі. Частково сплеск інтересу до технологій розподілених реєстрів (TPP) і блокчейну зокрема підігрують ентузіасти і проповідники криптовалют, сподіваючись, що це дасть можливість підтримати й ширший інтерес до самих криптовалют. Частково це складова ширшого процесу просування ідей лібертаріанства; міжнародні організації і національні регулятори не бажають стояти осторонь інновацій; бізнес боїться втратити потенційні прибутки від мережевих ефектів.

У вересні 2014 р. Банк Англії випустив аналітичний документ «Інновації у платіжних технологіях і поява цифрових валют» [1], значна частина якого присвячена технології блокчейн і криптографії. У квітні 2017 р. Управління фінансового регулювання і нагляду, що здійснює регулювання фінансового сектора у Великій Британії, оприлюднило документ для обговорення, присвячений технології розподілених реєстрів [2], а у грудні 2017 р. – звіт про результати обговорення цього документу, а саме щодо потенціалу і ризиків, пов'язаних із застосуванням цієї технології [3]. У серпні 2017 р. було опубліковано дослідження експертів Банку Англії «Економічна теорія використання технології розподіленого реєстру для розрахунків за цінними паперами» [4].

У лютому 2017 р. Банк міжнародних розрахунків (БМР) оприлюднив звіт «Технологія розподіленого реєстру у платежах, клірингу і розрахунках» [5].

У вересні 2017 р. було опубліковано звіт про виконання спільного проекту Європейського центрального банку (ЄЦБ) і Банку Японії щодо оцінки можливостей використання технологій розподіленого реєстру у платіжних системах [6].

У грудні 2017 р. було опубліковано дослідження Світового банку «Технологія розподіленого реєстру і блокчейн» [7].

Кілька аналітичних документів, присвячених технології блокчейну, було підготовлено в межах Світового економічного форуму: «Майбутнє фінансової інфраструктури: Амбіційний погляд на те, як блокчейн може змінити фінансові послуги» [8] (серпень 2016) та «Реалізація потенціалу блокчейну. Мультистейкхолдерівий підхід до регулювання блокчейну і криптовалют» [9] (червень 2017).

Міжнародний центр монетарних та банківських досліджень – незалежна неприбуткова фундація, що фінансується за рахунок грантів від банків, фінансових інституцій та центральних банків, і з 1999 р. випускає авторитетні «Женевські звіти про світову економіку», присвятив звіт за 2017 р. впливу технології блокчейн на фінанси [10].

Більшість подібних аналітичних документів розглядають особливості технології розподілених реєстрів, потенціал її використання у різних сферах, ризики, з цим пов'язані, та доцільність спеціальної реакції регуляторів. Окрім того, з'являються і теоретичні дослідження, автори яких намагаються зрозуміти, які зміни в соціально-економічних процесах втілює поширення цієї технології та які соціально-економічні наслідки матиме. М.Кейсі і П.Вігна у книзі «Машина правди: блокчейн і майбутнє всього на світі» доводять, що технологія блокчейн може допомогти збудувати так званий Інтернет-3, тобто насправді децентралізований інтернет, яким його задумували творці Інтернету-1. Останній перетворився на Інтернет-2, який, вивільнивши потужність соціальних мереж, водночас дав можливість компаніям-піонерам перетворити мережеві ефекти на монопольну владу. Інтернет-3 має знову повернути нас до справді децентралізованих взаємодій. На їхню думку, блокчейн також дозволить перейти до «Інтернету Цінностей», що дає змогу людям пересилати без посередників будь-які цінності: валюту, активи, і т.п. І, зрештою, блокчейн, пропонуючи механізм консенсусу без участі авторитетного посередника, стане «машиною для виробництва правди». [11] Потенційні наслідки поширення блокчейну М.Кейсі та П.Вігна порівнюють із запровадженням в Європі у XV ст. системи подвійного запису ділових операцій після публікації трактату францисканського монаха Луки Пачолі «Сума арифметики, геометрії, пропорцій та пропорційності». Розділ цієї книги, присвячений обліку, набув такої популярності, що був перевиданий окремою книгою. Автори дотримуються гіпотези, що поширенню подвійного запису, окрім нової якості обліку, яку він давав, сприяла схожість цієї системи з обліком людських діянь, описаних у Новому Заповіті, а саме, в Об'явленні Іоанна Богослова, 20:12: «І бачив я мертвих малих і великих, що стояли перед Богом. І розгорнулися книги, і розгорнулася інша книга, то книга життя. І суджено мертвих, як написано в книгах, за вчинками їхніми» та 20:15 «А хто не знайшовся написаний в книзі життя, той укинений буде в озеро огняне...» [12]. М.Кейсі і П.Вігна доводять, що реєстр з подвійним записом став моральним компасом і сприяв легітимізації як банків, які завдяки йому стали центрами платіжної системи і облікові книги яких стали ключовим доказом у судових справах, так і бізнесу загалом, який раніше засуджували як церковна, так і тісно пов'язана з нею світська влада. Таким чином, зміна способу ведення реєстрів інформації знаменує кардинальну зміну у соціально-економічних відносинах, тож подібний потенціал має і TRP [11].

На іншому полюсі в оцінках TRP – відомий американський вчений Н.Рубіні, який доводить, що наразі ця технологія веде лише до капіталізації мережевих ефектів піонерами, тож «блокчейн – це не демократія і децентралізація, а жадібність» [13].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Ведення записів завжди було централізованим процесом, що вимагав довіри до суб'єкта формування, ведення і зберігання реєстру. Єдині реєстри з ієрархічним доступом, які поширюються, оцінюються і редагуються мережею учасників, існували давно, але концепцію децентралізованого, розподіленого і безповоротного реєстру вперше було реалізовано технологією розподіленого реєстру (TRP).

TRP є продуктом розвитку пірингових технологій, що використовуються Інтернетом, таких як електронна пошта, поширення музичних чи інших медіа-файлів та інтернет-телефонія. Передачі ж власності на активи за допомогою Інтернету на заваді ставала відсутність механізмів, які б гарантували, що актив передається його справжнім власником, а також механізмів захисту від подвійного витрачання.

У 2008 р. у Білій книзі біткоїна «Біткоїн: пірингова система електронної готівки» було запропоновано інноваційний підхід до трансферу коштів, що вирішував проблему запобігання подвійному витрачання у децентралізованій платіжній системі. Базова технологія для біткоїна отримала назву блокчейн, що позначає спосіб організації і зберігання інформації та транзакцій у вигляді ланцюжка блоків. Згодом було винайдено інші способи організації трансферу активів у піринговій мережі, що привело до формування терміну «технологія розподіленого реєстру», аби позначати ширшу категорію технологій [7, с. 1].

Технологія розподіленого реєстру (TRP) – це підхід до запису і поширення даних серед багатьох реєстрів даних, кожен з яких містить аналогічні записи і колективно підтримується і контролюється розподіленою мережею комп'ютерних серверів, які називають вузлами (nodes). Найважливішою інновацією TRP є те, що контроль над реєстром здійснює не на одна установа, а кілька або всі учасники системи – залежно від типу розподіленого реєстру. Фактично в розподіленому реєстрі (PP) жоден окремий учасник мережі не може доповнити реєстр і жоден окремий учасник не може затвердити нові доповнення до реєстру. Натомість визначений наперед децентралізований механізм консенсусу використовується для підтвердження нових записів, після чого вони вносяться до реєстру. TRP дозволяє учасникам, які керуються лише власними інтересами, у піринговій мережі колективно записувати перевірені дані, наприклад, записи про транзакції, без залучення третьої сторони, що користується загальною довірою. Усунення центрального учасника може не лише здешевити операції, але й посилити їхню безпеку, оскільки означає усунення єдиної точки атак на мережу. Аби пошкодити реєстр, атакуючому потрібно здобути контроль над більшістю серверів у мережі.

Технологія розподіленого реєстру спирається на концепції криптографії, теорії ігор і пірингових мережеских відносин [1, с. 267]. Ключовими особливостями технології розподіленого реєстру є: 1) розподілена природа реєстру; 2) механізм консенсусу; 3) криптографічні механізми.

Блокчейн, особливий тип ГРР, використовує криптографічні і алгоритмічні методи створення і перевірки постійно зростаючих даних, без можливості їхнього зменшення, що набуває форми ланцюга так званих «блоків транзакцій».

Будь-яка електронна платіжна система повинна мати надійний метод запису транзакцій, з точністю якого погоджувалися б усі учасники. Для децентралізованої системи, такої як біткоїн, це створює два виклики. Перший – це розробка безпечного і надійного методу для доповнення публічного реєстру. Другий – забезпечення координації ресурсів і створення необхідних стимулів для вкладення користувачами ресурсів у верифікацію транзакцій в умовах відсутності центрального органу ведення реєстру. Покажемо, як біткоїн вирішує ці проблеми.

Платник у системі біткоїна створює повідомлення з трьома основними елементами: посилання на минулу транзакцію, через яку він отримав біткоїни, адреси для оплати і суми, яку він сплачує кожному. Кількість біткоївнів, що надсилається на кожен адресу, береться з попередніх транзакцій, що наявні в мережі для перевірки. Створивши повідомлення, платник ставить цифровий підпис, аби підтвердити, що він контролює відповідну адресу. Цифрові підписи забезпечують математичне підтвердження, що певне повідомлення було затверджене певною особою. Вони є застосуванням криптографії публічного ключа, що спирається на два відокремлені, але математично взаємопов'язані ключі: один приватний і один публічний. Адреса біткоїна є різновидом публічного ключа, тобто такого, що повідомляється учасникам системи. Адреси і їхні приватні ключі є випадковими потоками буквено-цифрових знаків. Адреса зазвичай містить 34 знаки, а приватний ключ – 51 знак [1, с. 273].

Кожна адреса біткоївнів має відповідний приватний ключ, який тримається в секреті власником адреси і потрібний для підпису транзакцій з цієї адреси, а отже, підтвердження власності особи на цю адресу. Платник шифрує копію транзакції своїм приватним ключем і потім поширює в мережі звичайну і зашифровану версію деталей транзакції. Будь-хто може об'єднати зашифровану версію з публічним ключем платника, щоб отримати розшифровану версію. Якщо вона збігається з незашифрованою версією, поширеною платником, це підтверджує, що платник використав свій приватний ключ.

Майнери приєднують транзакцію платника з іншими у новий потенційний блок. Потім вони конкурують за її верифікацію у спосіб, який приймають інші майнери.

Верифікація блоку транзакцій включає два елементи: 1) підтвердження; 2) досягнення консенсусу. Підтвердження блоку транзакцій, що включає перевірку коректності цифрового підпису, займає дуже мало часу. Встановлення консенсусу свідомо зроблено більш складним і вимагає від майнера демонстрації інвестиції комп'ютерних ресурсів, відомою як «доказ роботи» (*proof of work*).

Визначальною рисою розподіленої платіжної системи є спосіб, у який досягається консенсус щодо будь-якої пропонованої зміни реєстру. Досягнення консенсусу між людьми в мережі, де ніхто не може бути цілком певним, кому можна довіряти, довго було нерозв'язаною задачею в царині комп'ютерних наук. Для цього недостатньо забезпечити голосування користувачів за те, чи прийняти пропоновану зміну. Адже зазвичай одній особі нескладно створити багато вузлів у комп'ютерній мережі, щоб спотворити голосування. Натомість системи цифрових валют використовують теорію ігор і визнають, що сама по собі будь-яка пропонована зміна до реєстру є дешевою розмовою (*cheap talk*). Остання є терміном з теорії ігор, який означає комунікацію до початку гри, що, не потребуючи значних витрат, програмує хід гри. Для того, щоб пропоновану зміну до реєстру було прийнято іншими як істину, ті, хто пропонують зміну – майнери, що верифікують транзакції – повинні продемонструвати, що понесли витрати на генерування цієї пропозиції [1, с. 270].

У системі біткоїна для досягнення консенсусу використовується алгоритм *Proof-of-Work*. Система біткоїна вимагає, щоб користувачі, які беруть участь у процесі верифікації, демонстрували криптографічний доказ роботи, аби показати, що вони зазнали витрат, виражених у комп'ютерному часі, перш ніж пропозиція була прийнята.

Вперше концепцію *Proof-of-Work* було описано у 1993 р. в роботі «Pricing via Processing, or, Combatting Junk Mail, Advances in Cryptology» (автори – Синтія Дворк і Моні Наор). І хоча сам термін в статті ще не використовувався, автори запропонували наступну ідею: «Аби отримати доступ до загального ресурсу, користувач повинен обчислити деяку функцію: досить складну, але посильну; так можна захистити ресурс від зловживання» [14]. У 1999 р. з'являється сам термін *Proof-of-Work* – у статті «Proofs of Work and Bread Pudding Protocols» (автори – Маркус Якобссон і Арі Джуелс) в журналі *Communications and Multimedia Security* [14].

Майнери біткоїна мають продемонструвати доказ роботи, перш ніж запропонований ними блок транзакцій буде погоджений мережею. З огляду на те, що всі користувачі повинні знати усі попередні транзакції, щоб врахувати залишки на балансах, важливо, щоб усі користувачі досягли згоди щодо того, які транзакції вже відбулися і в якому порядку. Якщо два користувачі бачать різні історії транзакцій, вони не зможуть дійти однакового висновку щодо залишків і подвійного витрачання. Ланцюжок блоків слугує способом для всіх користувачів дійти консенсусу щодо того, які транзакції відбулися і в якому порядку. У системі Біткоїн спосіб, у який користувачі погоджують історію транзакцій, це обрання історії, в створення

якої користувачі вклали найбільше роботи. «Робота» має бути задачею, що є складною для виконання комп'ютером, але легкою для перевірки іншими комп'ютерами.

Наочний приклад такої задачі – кидати три шестигранні гральні кісточки доти, доки всі три не покажуть одиницю. Це процедура, що потребує тривалих спроб і помилок, зате успіх видний кожному. Час, потрібний комусь для успішного викидання трьох одиничок, є випадковим, але очікувана кількість спроб відома. Що більше людей беруть участь, та що швидше кожна особа робить спроби, то менше часу потрібно для того, аби хтось досяг успіху. Щоб зберегти середній час розв'язання задачі незмінним, її ускладнюють – скажімо, від кожної особи вимагають вже кидати чотири гральних кісточки [1, с. 273].

Програма доказу роботи, що використовується Біткоїном, використовує спеціальний алгоритм, що називається криптографічна геш-функція, яка бере певну кількість інформації як вхідну і створює вихідну інформацію стандартної довжини (геш-значення). Функція є криптографічною, оскільки продукowane геш-значення є різним для будь-якої зміни вхідної інформації, навіть на один символ, тож майже неможливо дізнатися наперед, яке геш-значення буде отримане для даної вхідної інформації. Протокол біткоїна вимагає, щоб майнери об'єднували і пропускали через геш-функцію три елементи вхідної інформації: посилання на попередній блок; деталі потенційного блоку транзакцій і спеціальний номер, що називається *nonce*. Якщо продукowane значення геш-функції нижче від певного порога, то доказ роботи вважається завершеним. Якщо ні, то майнер повинен спробувати знову з новим значенням *nonce*. Оскільки не існує способу визначити, яке значення *nonce*, поєднане з двома іншими елементами вхідної інформації, дасть потрібну геш-функцію, майнери просто повторюють спроби до досягнення успіху. Система біткоїна відкалібрована таким чином, що підтвердження роботи продукується кожні 10 хвилин [1, с. 273–274].

Проблемою використання механізму консенсусу Proof-of-Work є зростання енергозатратності мірою розширення системи, яке призводить до ускладнення задачі. 18 листопада 2018 р. аннуалізоване енергоспоживання платіжної системи біткоїна становило 73,12 терават-годин, а 12 грудня 2017 р. – вже 32,7 терават-годин, що відповідає річному енергоспоживанню Австрії. Енергоспоживання на виконання однієї транзакції становить 727 кіловат-годин, що відповідає добовому енергоспоживанню 24,56 американських домогосподарств. На біткоїн припадає 0,33% світового енергоспоживання [15].

Альтернативний механізм досягнення консенсусу – *Proof-of-Stake* (PoS) (підтвердження частки) було вперше реалізовано в 2012 р. у криптовалюти PPCoin (зараз відомій під назвою PeerCoin). Відповідно до цього алгоритму вузли також намагаються гешувати дані в пошуках результату, меншого від певного значення, але складність задачі при цьому залежить від кількості монет (токенів) на рахунку користувача. Таким чином, більше шансів згенерувати наступний блок отримує вузол з більшим балансом. Схема виглядає досить привабливо насамперед через невеликі вимоги до обчислювальних ресурсів.

На користь використання механізму Proof-of-Stake наводять такі аргументи:

- він є менш енергозатратним;
- для проведення атаки на систему потрібні значні кошти, що робить її недоцільною з фінансової точки зору.
- якщо у розпорядженні атакуючого є велика кількість токенів, він сам постраждає від атаки, оскільки це порушить стійкість криптовалюти.

Слабкими сторонами Proof-of-Stake є такі:

- PoS мотивує до накопичення коштів в одних руках, що може негативно позначитися на децентралізованості мережі.
- якщо утворюється невелика група, яка збере досить значні кошти, вона зможе нав'язувати свої правила роботи мережі іншим учасникам [14].

Важливо зазначити, TRP не є єдиною, чітко визначеною технологією. Їх є багато, їхній дизайн і точна конфігурація залежить від цілей розробників і призначення розподіленого реєстру.

Системи розподіленого реєстру можуть бути з *відкритим доступом* і з *закритим доступом*, і між ними існують фундаментальні відмінності. Біткоїн і етер є найяскравішими прикладами цілком відкритого блокчейну, де учасники можуть входити і виходити з мережі за своїм бажанням, без отримання будь-яких дозволів. Все, що потрібно для участі – комп'ютер і відповідне програмне забезпечення.

В закритих PP членів відбирають або власник, або адміністратор реєстру, які контролюють доступ до мережі і встановлюють правила реєстру. Це вирішує багато проблем для регуляторів: ідентифікація членів мережі, суб'єкта отримання ліцензії, об'єкта регулювання, права власності на реєстр. Але це також зменшує ключову перевагу відкритих блокчейнів: спроможність функціонувати без центральної ланки, якій мають довіряти інші учасники. Проте навіть у закритих PP загалом немає потреби в адміністраторі для виконання транзакцій.

Закриті PP, які регулюють доступ до мережі, зазвичай не потребують енергозатратного підтвердження роботи для верифікації транзакції, а спираються на інші алгоритмічні правила для встановлення консенсусу між учасниками. У випадку закритого PP адміністратор несе відповідальність за надійність учасників PP. У закритому PP будь-який вузол може запропонувати додавання транзакції, що потім поширюється до інших учасників, навіть без механізму консенсусу.

В реальності існує не бінарна категоризація, а ступінь відкритості і децентралізації систем розподіленого реєстру. Багато компаній використовують гібридний підхід, коли вони надають технологію

для закритих мереж, побудовану на основі інфраструктури публічного блокчейну, і таким чином обмежують ролі в системі TPP з відкритим доступом [7, с. 11].

У деяких випадках використовують поділ на *публічні* і *приватні* (*public/private*) блокчейни (залежно від того, чи всі учасники мережі можуть читати дані блоків і відправляти транзакції) і на *ексклюзивні та інклюзивні* (*permissioned/permissionless*) (залежно від наявності обмежень щодо учасників мережі). Наприклад, *Ripple* є ексклюзивним реєстром, але дані підтверджується усіма учасниками, тож ця система може бути класифікована як публічний ексклюзивний реєстр. Ексклюзивний реєстр, де дані підтверджується лише частиною учасників, буде приватним ексклюзивним реєстром [7, с. 12].



Рис. 1. Таксономія розподілених реєстрів
Джерело: [7, с. 13]

Сьогодні розглядають такі потенційні напрями застосування технологій розподіленого реєстру: цифрові валюти; кліринг і розрахунки; розрахунки за міжнародними торговельними операціями (вони досі спираються на паперові документи, такі як товарно-транспортна накладна, акредитиви, що пересилаються факсом або поштою); міжнародні перекази і транскордонні платежі (альтернативні до кореспондентського банкінгу); обмін валют; мікроплатежі; ринки капіталу: цифрова емісія, торгівля і розрахунки за цінні папери; торгівля сировинними товарами; послуги нотаризації (наприклад, для іпотек); реєстри застав; реєстри активів; реєстри землі; синдиговані кредити; краудфандинг; страхування (у поєднанні із смарт-контрактами) – для автоматизації страхових виплат і підтвердження настання страхового випадку; земельні реєстри; платформи цифрової ідентифікації; зберігання персональних записів: народження, шлюб, смерть; управління ланцюгами постачання (управління запасами і розбіжностями); походження і автентичність продукту (твори мистецтва, фармацевтичні препарати, діаманти); системи електронного голосування; захист ключових інформаційних мереж від кібератак; зменшення шахрайства у бюджетних платежах; зменшення податкового шахрайства.

У січні 2017 р. найбільша у світі гуманітарна програма з питань надання харчової допомоги – підрозділ ООН Всесвітня продовольча програма (ВПП) – запустила пілотний проект, що давав можливість розподіляти їжу і гроші серед бідних пакистанських родин за допомогою додатку смартфона, що працює з використанням блокчейн-платформи етеру. Через кілька місяців ВПП запустила подібний проект у Йорданському таборі Азрак, де перебувають тисячі сирийських біженців. ВПП з 2009 р. перейшла від безпосереднього постачання продуктів харчування до переказу грошей на їхнє придбання. Монетизація

допомоги дозволяє нагодувати більше число людей, покращити функціонування місцевої економіки і посилити прозорість, але створює додаткові витрати, пов'язані з роботою із місцевими банками, до того ж, скажімо, у таборах біженців багато хто не має документів, необхідних для відкриття банківського рахунку [16]. За оцінками Munich WFP innovation lab, проект розподілу допомоги за допомогою блокчейну етеру, що отримав назву «Building blocks», дозволив ВПП щомісяця економити 150 тис. дол. за рахунок зменшення комісійних платежів банкам на 98%. Ідентифікація одержувачів допомоги здійснюється шляхом сканування райдужної оболонки ока (тобто учаснику програми для отримання допомоги не потрібні документи, готівка, харчові талони, банківська картка, смартфон) [11].

Знаковою подією на фінансовому ринку став випуск у серпні 2018 р. Світовим банком облігацій *bond-i*, створення, розміщення, трансфер і управління якими відбувається з використанням TRP. Лід-менеджером розміщення двохрічних облігацій на суму 110 млн австралійських доларів виступив австралійський мультинаціональний банк *Commonwealth Bank of Australia (CBA)*. Блокчейн-платформу для *i-облігацій* розробив CBA Blockchain Centre of Excellence. Незалежним контролером програмного коду виступила компанія Microsoft. Світовий банк не вперше впроваджує інновації на ринку капіталу: у вересні 1989 р. він став емітентом перших облігацій, що торгувалися у глобальному форматі, а в січні 2000 р. – перших електронних облігацій (*e-bond*) [17].

Двома найпомітнішими трендами у застосуванні TRP є: 1) утворення комерційних фінтех-стартапів, що розробляють для різних цілей цифрові додатки, які використовують відкриту інфраструктуру блокчейну, переважно біткойна і етеру і 2) утворення промислових консорціумів для дослідження і побудови приватних ексклюзивних блокчейнів для виконання специфічних для певної галузі задач [7, с. 21].

Фінансові інституції, що є користувачами масивних баз даних, наразі не дуже зацікавлені у відкритих, інклюзивних блокчейнах з огляду на складність узгодження з існуючим регуляторним і правовим устроєм. Фінансові установи також не влаштовує відкритий доступ і складність персональної ідентифікації у інклюзивних системах, що нерідко суперечить існуючим бізнес-практикам, які передбачають підтримання приватності транзакцій. *Фінансові інституції здійснюють значні інвестиції у дослідження можливостей ексклюзивних розподілених реєстрів як технологічного рішення для зменшення вартості і прискорення транскордонних платежів, кореспондентського банкінгу, клірингу і розрахунків, синдікованих кредитів і розрахунків за зовнішньоторговельними операціями.*

R3 (R3CEV LLC) є технологічною компанією з побудови розподілених баз даних. Вона очолює консорціум з понад 200 фірм, що досліджують і впроваджують використання розподілених реєстрів у фінансовій системі і інших сферах комерції. Компанію засновано у 2014 р. у Нью-Йорку Д.Руттером. Консорціум створив платформу розподіленого реєстру під назвою *Corda*, призначеного передусім для фінансового сектора зі складними транзакціями і обмеженим доступом до даних про транзакції. Він також привернув увагу інших галузей, включаючи страхування, охорону здоров'я, енергетику і державного управління. Консорціум розпочав діяльність 15 вересня 2015 р. з дев'яти фінансових інститутів: Barclays, BBVA, Commonwealth Bank of Australia, Credit Suisse, Goldman Sachs, J.P. Morgan, Royal Bank of Scotland, State Street і UBS. 29 вересня 2015 р. приєдналися ще 13 фінансових установ: Bank of America, BNY Mellon, Citi, Commerzbank, Deutsche Bank, HSBC, Mitsubishi UFJ Financial Group, Morgan Stanley, National Australia Bank, Royal Bank of Canada, Skandinaviska Enskilda Banken, Société Générale, and Toronto-Dominion Bank. 28 жовтня 2015 р. до консорціуму вступили ще три фінансові установи: Mizuho Bank, Nordea і UniCredit, 19 листопада 2015 р. – BNP Paribas, Wells Fargo, ING, Macquarie Group і Canadian Imperial Bank of Commerce; а у грудні 2015 р. – ще 12 фінансових установ: BMO Financial Group, Danske Bank, Intesa Sanpaolo, Natixis, Nomura, Northern Trust, OP Financial Group, Banco Santander, Scotiabank, Sumitomo Mitsui Banking Corporation, U.S. Bancorp і Westpac Banking Corporation. У квітні 2016 р. долучилися SBI Holdings of Japan, Hana Financial з Південної Кореї і Bank Itau з Бразилії; у червні 2016 р. – Toyota Financial Services і в серпні 2016 р. – MetLife. У листопаді 2016 р. Goldman Sachs, Santander і Morgan Stanley вийшли з консорціуму. У квітні 2017 р. JPMorgan Chase вийшов з R3 з метою розробки власної стратегії впровадження TRP. 23 травня 2017 р. R3 оголосив про залучення на той момент найбільших інвестицій у TRP у розмірі 107 млн дол. [18]. Сьогодні R3 співпрацює з мережею з понад 200 фінансових інститутів, регуляторів, торгових асоціацій, технологічних компаній [19].

30 листопада 2016 р. консорціум R3 виклав у відкритий доступ код платформи *Corda*. *Corda* – це розподілений реєстр для запису і обробки поширених даних, таких як контракти, що підтримує смарт-контракти. Спочатку платформа була призначена для фінансового сектора, але під час її випробування виявилось, що вона може використовуватися і в інших галузях. У Білій книзі *Corda* сказано, що основним мотивом її створення була проблема управління контрактами і іншими угодами між фірмами і індивідами, особливо між тими, що достатньо довіряють одне одному, щоб торгувати, але не достатньо, щоб передати йому ведення записів. Ведення записів про угоду відокремлено різними фірмами може призводити до неузгодженостей і вимагає затрат на зв'язання і виправлення помилок [20].

Проект Hyper ledger, заснований у грудні 2015 р. фундацією Linux, має на меті запровадження технологій розподіленого реєстру як у фінансовому секторі, так і для управління логістичними ланцюгами. Він об'єднує понад 170 різних організацій.

Сьогодні набуває сили конкурентне змагання між каліфорнійською компанією *Ripple*, створеною у 2012 р., що займається розробкою систем транскордонних платежів на основі блокчейну, і лідером на ринку

транскордонних розрахунків – компанією *Swift*, створеною 45 років тому, яка обслуговує половину великих транскордонних платежів у світі і яка перебуває у власності тисяч банків. За свідченнями менеджменту *Ripple*, компанія щотижня укладає угоду з новою фінансовою установою. У відповідь *Swift* пропонує клієнтам нові продукти з використанням хмарних технологій, що значно пришвидшують платежі. Більше того, сама *Swift*, провівши випробування системи розрахунків з використанням блокчейн з 34 банками, виявила, що ця технологія поки не готова обслуговувати великі масиви платежів. Також для того, щоб банки-конкуренти не бачили конфіденційної інформації, для 11 тисяч банків – членів мережі довелося б створити понад 100 000 субреєстрів. Тож *Swift* наразі вважає перехід на блокчейн у міжбанківських розрахунках передчасним. Представники компанії стверджують, що всі заяви банків про проекти щодо запровадження платежів у блокчейні стосуються або внутрішньобанківських платежів, або двосторонніх проєктів між банками. Збільшення масштабу розрахунків значно все ускладнює. У відповідь представники *Ripple* заявляють, що мають рішення проблеми проблеми масштабованості і конфіденційності, за якого всі деталі трансакції бачать лише її учасники [21].

Santander став першою міжнародною банківською групою, яка запровадила систему міжнародних переказів, засновану на технології блокчейн – мобільний додаток *One Pay FX*. Наразі ця послуга доступна клієнтам банку в Іспанії, Великій Британії, Бразилії і Польщі. Банк планує розширити надання послуги для більшої кількості країн і типів користувачів, таких як малий бізнес. *One Pay FX* використовує технологію розподіленого реєстру, розроблену компанією *Ripple*, що дає змогу користувачам бачити точну суму грошей, що буде отримана одержувачем, ще до здійснення переказу, і скорочує час переказу з кількох днів до одного або менше одного дня, а також повідомляє про надходження коштів. Фонд венчурного капіталу банківської групи *Santander – InnoVentured* у 2015 р. інвестував у *Ripple* та декілька інших блокчейн-компаній [22].

За даними компанії *Crunchbase*, лише за перші п'ять місяців 2018 р. стартапи, що розвивають технологію блокчейн, залучили від компаній венчурного капіталу понад 1,3 млрд дол. порівняно з 950 млн дол. за весь 2017 рік.

Автори спеціального випуску британського тижневика *The Economist* «Криптовалюти і блокчейни» зазначають, що більшість спроб використання технології блокчейн наразі перебувають на стадії експерименту і часто завершуються невдачею. Вони вказують, що витрати, пов'язані з поширенням даних між усіма учасниками роблять блокчейн менш ефективним, ніж централізовані бази даних, і ця проблема поглиблюється зі зростанням числа користувачів. Банк Канади, спробувавши використати блокчейн у системі внутрішніх платежів, що й так була високоєфективною, не виявив жодних переваг. *Stripe*, велика компанія, що займається цифровими платежами, припинила експерименти з блокчейном після трьох років спроб, охарактеризувавши технологію як «повільну і надто переоцінену». Перебільшенням поки що є і розмови про можливість блокчейну у забезпеченні автентичності предметів торгівлі, скажімо, товарів розкоші. Блокчейн гарантує неможливість зовнішнього втручання у зміст сертифікатів, але не автентичність самих предметів. «Якщо ви запускаєте сміття у блокчейн, то все, що ви отримаєте, це розподілене, зашифроване сміття». [23] Наприклад, на блокчейн-платформі *Verisart*, призначеній для зберігання авторських прав на твори мистецтва, можна знайти картину Мона Ліза / Джоконда, яку буцім-то написав наш сучасник, такий собі Теренс Іден [24].

Зрештою, перед блокчейн-проєктами постають такі ж проблеми, які і перед будь-якими іншими великими ІТ-проєктами. Найлегше запропонувати новий стандарт, і набагато важче узгодити деталі щодо відповідальності, побудови системи, формату даних і наслідків виходу з системи між багатьма сторонами, включаючи конкурентів, що не дуже налаштовані на співпрацю [23].

У «Женевському звіті про світову економіку» за 2017 р. Міжнародного центру монетарних та банківських досліджень зазначається, що технологіям блокчейн ще треба подолати численні технічні виклики, що стосуються підтримки роботи, масштабованості, приватності, безпеки, функціональної сумісності з іншими системами, і управління. Попереднім інтернет-інноваціям доводилося долати подібні обмеження за допомогою удосконалення програмного забезпечення, зростання потужності комп'ютерів та інвестицій в мережі комунікацій. З огляду на роботу тисяч розробників по всьому світі над проєктами з відкритим доступом, що мають на меті удосконалення протоколу блокчейну і додатків, побудованих на його базі, можна сподіватися, що технічні проблеми з часом будуть вирішені. Але, як зазначають автори Женевського звіту, перед технологією блокчейн постають не лише технічні виклики. *Хоча багато компаній реального і фінансового секторів проводять тестування концепції та реалізують пілотні проєкти, вони поки не застосовують цієї технології в основних бізнес-процесах. Впровадження нової технології аж до зміни існуючих бізнес-моделей вимагає координації між багатьма учасниками з різними інтересами.* Окрім того, блокчейн-проєкти мають буди приведені у відповідність з діючими устроями державної політики [10, с. XX].

На думку експертів *The Economist*, що менш радикальні зміни передбачає блокчейн-проєкт, то більші шанси на успіх він має [25]. *Оскільки блокчейни, що використовуються у системах криптовалют, зазвичай надто енергозатратні і повільно діючі, для використання в інших сферах їх модифікують настільки, що вони стають більш подібними на інші бази даних* [26].

Для максимального використання потенціалу TPP у багатьох випадках необхідно не лише забезпечити інтеграцію децентралізованих систем з правовим полем, але й змінити технології не тільки

окремих ланок, які на перший погляд, найбільше виграють від застосування ТРР, але й в середовищі, з яким ця проблемна ланка взаємодіє. Наприклад, переведення на ТРР розрахунків за міжнародними торговельними операціями вимагатиме модернізації міжнародної торгівлі взагалі (компанії-перевізники, порти, митниця, страховики). Тобто переведення на ТРР у багатьох випадках буде ефективним лише для цілих екосистем.

Експерти Банку Англії, автори дослідження «Економічна теорія використання технології розподілених реєстрів для розрахунків за цінними паперами» дійшли висновку, що в принципі технологія розподіленого реєстру має потенціал для зменшення витрат і збільшення ефективності розрахунків за цінними паперами, але імовірність впровадження нової технології буде набагато більшою за умови координації між сторонами, якщо їй сприятимуть відповідні органи влади і регулятори [4, с. 1]. Вони доводять, що технологія розподіленого реєстру і подібні технологічні інновації близькі до публічного блага в тому, що вони потребують значних витрат на реалізацію і їх важко присвоїти. Внаслідок цього малоймовірно, що буде достатньо приватних стимулів для інновації в конкурентному середовищі і що, забезпечуючи певний рівень координації між учасниками ринку, відповідні органи влади можуть сприяти досягненню оптимального обсягу інновацій.

Водночас участь у мережі розрахунків на основі ТРР, йдеться у документі, є приватним благом, яке надає той, хто швидше і якісніше впровадив технологію. Оскільки розрахунки в системі, що базується на ТРР, є технологією, якій властиві мережеві екстерналії, є ризик, що переважну частину вигід від впровадження технології отримає піонер у вигляді ринкового надлишку, що також потребує втручання регуляторів з метою захисту споживачів [4, с. 28].

За словами відомого американського економіста Н.Рубіні, «ідеальний світ блокчейн-фундаменталістів – це світ, де вся економічна активність і взаємодії між людьми стають об'єктом анархістської чи лібертаріанської децентралізації. Вони б хотіли вмістити всю повноту суспільного і політичного життя у децентралізовані публічні реєстри». Але на практиці все виявляється практично навпаки – варто лише поглянути, наскільки потужною є концентрація влади серед майнерів криптовалют, криптовалютних бірж, розробників і держателів криптовалют. Близько 99% усіх транзакцій здійснюються на централізованих біржах, які регулярно стають об'єктами хакерських атак. Як зазначає Н.Рубіні, «крипосвіт» характеризується надзвичайною нерівністю: якщо у Північній Кореї коефіцієнт Джині становить 0,86, у США – 0,41, то серед власників біткоіна – 0,88 (коефіцієнт 1 означає, що одна особа контролює 100% доходів чи багатства країни) [13]. Більш того, на думку Н.Рубіні, немає вагомих причин для переведення інформації про власність і іншої цінної інформації у реєстри з відкритим доступом. У випадках, коли реально використовуються ТРР, вони є приватними, централізованими і записи ведуться на кількох контрольованих реєстрах. Вони потребують дозволу для доступу, що надається кваліфікованим суб'єктам. І, зрештою, вони спираються на довіру до органів, що підтримують надійність системи. Справді, згадаймо проекти *Ripple* та транскордонних розрахунків, які ми розглядали вище. Тобто, зрештою, «децентралізовані» реєстри, коли доходять до практичного використання у бізнесі, стають централізованими, ексклюзивними базами даних». «Жодна серйозна інституція ніколи не дозволить, аби її транзакції перевірялися анонімним картелем, що діє в нетрях авторитарних клептократій» – резюмує Н.Рубіні [13]. На думку А.Махлер, члена Правління Швейцарського національного банку, порівняння переваг централізованих і децентралізованих реєстрів свідчить, «що найкращі системи можуть знаходитися десь посередині спектру, і що зараз ми перебуваємо близько ексклюзивних (permissioned) блокчейнів» [10, с. 79].

Отже, загалом спроба блокчейн-революції є моментом більш широкої реорганізації економіки і суспільства у напрямку децентралізації взаємодій. Люди й справді дедалі більше формують зв'язки безпосередньо, миттєво і відкрито, і це означає революційні зміни у споживанні, роботі і спілкуванні. Втім, посилення ролі мереж далеко не завжди означає посилення децентралізації і демократизації. Давати прогнози щодо поширення децентралізованих інформаційних технологій і їхніх продуктів складно не лише тому, що вони перебувають на стадії свого формування, але й тому, що майбутнє не обов'язково стане перемогою мереж над ієрархіями [27, с. 141]. Н.Фергюсон у бестселері «Площа і вага: мережі, ієрархії і боротьба за глобальне панування», використовуючи історичні аналогії та теорію мереж, доходять висновку, що в майбутньому можна очікувати як руйнування мережами ієрархій, які не зможуть себе реформувати, так і можливості певного відновлення ієрархічного порядку, коли виявиться, що мережі не зможуть запобігти сповзанню в анархію [28].

Висновки.

Ключовою інновацією блокчейну біткоіна є вирішення проблеми захисту від подвійного витрачання, що дозволяє перейти до так званого «Інтернету цінностей» – безпосереднього обміну валютою та іншими активами між користувачами. Відповідно, в ширшому соціально-економічному сенсі новація технологій розподіленого реєстру полягає у створенні механізму досягнення консенсусу без централізованого арбітра, що, на переконання прихильників цих технологій, дає можливість «економити на довірі».

Спроба блокчейн-революції є моментом більш широкої реорганізації економіки і суспільства у напрямку децентралізації взаємодій. Люди й справді дедалі більше формують зв'язки безпосередньо, миттєво і відкрито, і це означає революційні зміни у споживанні, роботі і спілкуванні.

Сьогодні розглядають такі потенційні напрями застосування технологій розподіленого реєстру: цифрові валюти; кліринг і розрахунки; розрахунки за міжнародними торговельними операціями; міжнародні перекази і транскордонні платежі; обмін валют; мікроплатежі; ринки капіталу: цифрова емісія, торгівля і розрахунки за цінні папери; торгівля сировинними товарами; послуги нотаризації (наприклад, для іпотек); реєстри застав; реєстри активів; реєстри землі; синдиговані кредити; краудфандинг; страхування; земельні реєстри; платформи цифрової ідентифікації; зберігання персональних записів; управління ланцюгами постачання (управління запасами і розбіжностями); походження і автентичність продукту (твори мистецтва, фармацевтичні препарати, діаманти); системи електронного голосування; захист ключових інформаційних мереж від кібератак; зменшення шахрайства у бюджетних платежах та податкового шахрайства.

Двома найпомітнішими організаційними трендами у поширенні ТРР є утворення фінтех-стартапів, що розробляють цифрові додатки переважно на основі відкритих блокчейнів біткоіна та етеру, та утворення промислових консорціумів для дослідження і побудови приватних ексклюзивних блокчейнів для виконання специфічних для певної галузі задач.

Хоча багато компаній у реальному і фінансовому секторі тестують концепцію ТРР і реалізують пілотні проекти, вони поки не застосовують її в основних бізнес-процесах. Для максимального використання потенціалу ТРР у багатьох випадках необхідно не лише забезпечити інтеграцію децентралізованих систем з правовим полем, але й змінити технології не тільки в проблемних ланках, які найбільше виграють від застосування ТРР, а й у середовищах, з якими ці ланки взаємодіють; тож переведення на ТРР у багатьох випадках буде ефективним лише для цілих екосистем.

Як свідчить досвід реально запроваджених ТРР-проектів, найбільш успішними з технічних та інституційних причин виявляються платформи, що перебувають десь посередині спектру централізованих і децентралізованих реєстрів, тож втілення радикальної лібертаріанської місії ТРР ще не знайдено, системам потрібний централізований арбітр, координатор, суб'єкт відповідальності і гнучкість, якої можна досягти за допомогою авторитетного втручання в протокол. Втім, активізація інтересу до ТРР сприяє удосконаленню ряду процесів і захисту інформації.

Навіть максимальне поширення ТРР не означатиме перемогу мереж над ієрархіями і демократизацію: по-перше, тому, що будь-яким мережам властиві процеси подальшої ієрархізації, а по-друге, відновлення ієрархічного порядку може виявитися необхідним для запобігання сповзанню в анархію.

Список літератури.

1. Ali R., Barrdear J., Clews R., Southgate J. Innovations in payment technologies and the emergence of digital currencies. Bank of England Quarterly Bulletin. 2014. Q3. [Електронний ресурс]. Bank of England. – Режим доступу: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/quarterly-bulletin/2014/innovations-in-payment-technologies-and-the-emergence-of-digital-currencies.pdf>
2. Discussion Paper on distributed ledger technology. April 2017. DP17/3. [Електронний ресурс]. Financial Conduct Authority.– Режим доступу: <https://www.fca.org.uk/publication/discussion/dp17-03.pdf>.
3. Distributed Ledger Technology. Feedback Statement on Discussion Paper 17/03. December 2017. [Електронний ресурс]. Financial Conduct Authority. – Режим доступу: <https://www.fca.org.uk/publication/feedback/fs17-04.pdf>.
4. Benos E., Garratt R., Gurrola-Perez P. The economics of distributed ledger technology for securities settlement. Bank of England. Staff Working Paper. 2017. August. № 670. [Електронний ресурс]. Bank of England. – Режим доступу: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/working-paper/2017/the-economics-of-distributed-ledger-technology-for-securities-settlement.pdf?la=en=17895E1C1FEC86D37E12E4BE63BA9D9741577FE>
5. Distributed ledger technology in payment, clearing and settlement. An analytical framework. BIS. February 2017. [Електронний ресурс]. BIS. – Режим доступу: <https://www.bis.org/cpmi/publ/d157.pdf>
6. Payment systems: liquidity saving mechanisms in a distributed ledger environment. STELLA – a joint research project of the European Central Bank and the Bank of Japan. September 2017. [Електронний ресурс]. Bank of Japan. – Режим доступу: http://www.boj.or.jp/en/announcements/release_2017/data/rel170906a1.pdf
7. Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain. FinTech Note 2017. № 1. [Електронний ресурс]. World Bank Group. – Режим доступу: <http://documents.worldbank.org/curated/en/177911513714062215/pdf/122140-WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf>
8. The future of financial infrastructure. An ambitious look at how blockchain can reshape financial services. World Economic Forum. Part of the Future of Financial Services Series. 2016. August. [Електронний ресурс]. World Economic Forum. – Режим доступу: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_future_of_financial_infrastructure.pdf/
9. Tapscott D. Tapscott A. Realizing the Potential of Blockchain. A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies. White Paper. World Economic Forum. June 2017. [Електронний ресурс]. World Economic Forum. – Режим доступу: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Realizing_Potential_Blockchain.pdf
10. Casey M., Crane J., Gensler G., Johnson S., Narula N. The Impact of Blockchain Technology on Finance: A Catalyst for Change. Geneva Reports on the World Economy. 2018. № 21. International Center for

Monetary and Banking Studies (ICMB). [Електронний ресурс]. SIPOTRA. – Режим доступу: <http://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2018/07/The-Impact-of-Blockchain-Technology-on-Finance-A-Catalyst-for-Change.pdf>

11. Vigna P., Casey M. The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything. New York. St. Martin Press. 2018.

12. Об'явлення св. Івана Богослова. Біблія в перекладі Огієнка. [Електронний ресурс]. TrueChristianity.info. – Режим доступу: http://www.truechristianity.info/ua/bible/rev_ua.php

13. Roubini N. The Big Blockchain Lie. 2018. October 15. [Електронний ресурс]. Project Syndicate. – Режим доступу: <https://www.project-syndicate.org/commentary/blockchain-big-lie-by-nouriel-roubini-2018-10>

14. Что такое Proof-of-Work и Proof-of-Stake? [Електронний ресурс]. Forklog. – Режим доступу: <https://forklog.com/что-такое-proof-of-work-i-proof-of-stake/>

15. Bitcoin Energy Consumption. [Електронний ресурс]. Digiconomist. – Режим доступу: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

16. Juskalian R. Inside the Jordan refugee camp that runs on blockchain. MIT Tecnology Review. 2018. April 12. [Електронний ресурс]. MIT Tecnology Review. – Режим доступу: <https://www.technologyreview.com/s/610806/inside-the-jordan-refugee-camp-that-runs-on-blockchain/>

17. World Bank Prices First Global Blockchain Bond, Raising A\$110 Million. World Bank. Press Release. 2018. August 23. [Електронний ресурс]. World Bank. – Режим доступу: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/08/23/world-bank-prices-first-global-blockchain-bond-raising-a110-million>

18. R3 (Company). [Електронний ресурс]. Wikipedia. The free Encyclopedia. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/R3_\(company\)#Corda](https://en.wikipedia.org/wiki/R3_(company)#Corda)

19. The R3 Story. Industry-wide collaboration is in our DNA. [Електронний ресурс]. R3. – Режим доступу: <https://www.r3.com/about/>

20. Brown R. The Corda Platform: An Introduction May, 2018. [Електронний ресурс]. Corda. – Режим доступу: <https://www.corda.net/content/corda-platform-whitepaper.pdf>

21. Arnold M. Ripple and Swift slug it out over cross-border payments. Financial Times. 2018. June 6. [Електронний ресурс]. Financial Times. – Режим доступу: <https://www.ft.com/content/631af8cc-47cc-11e8-8c77-ff51caedcdef>

22. Megaw N. Santander launches blockchain-based foreign exchange service Financial Times. 2018. April 12. [Електронний ресурс]. Financial Times. – Режим доступу: <https://www.ft.com/content/1e47733e-3e2a-11e8-b9f9-de94fa33a81e>

23. Nailing it. The promise of the blockchain technology. What blockchains may be able to do for your business, and what they can't. Technology Quarterly. The economist. 2018. September 1. [Електронний ресурс]. The economist. – Режим доступу: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/09/01/the-promise-of-the-blockchain-technology>

24. Certificate of Authenticity. Mona Lisa / La Gioconda. Verisart. [Електронний ресурс]. Verisart. – Режим доступу: <https://verisart.com/works/23f2c64a-08c6-4a42-8013-84ac8422dff8>

25. Beyond the hype. Dividing the cryptocurrency sheep from the blockchain goats. Technology Quarterly. The economist. 2018. September 1. [Електронний ресурс]. The economist. – Режим доступу: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/09/01/dividing-the-cryptocurrency-sheep-from-the-blockchain-goats>.

26. The pot of gold at the end of the rainbow. What to make of cryptocurrencies and blockchains. Technology Quarterly. The economist. 2018. September 1. [Електронний ресурс]. The economist. – Режим доступу: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/08/30/what-to-make-of-cryptocurrencies-and-blockchains>

27. Кричевська Т.О. Перспективи технології розподілених реєстрів та криптовалют у контексті синхронізації з поширенням інформаційно-мережевої економіки. *Інформація, аналіз, прогноз – стратегічні важелі ефективного державного управління: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції*. м. Київ, 18 жовтня 2018 р. МОН України; УкрІНТЕІ. Київ: УкрІНТЕІ, 2018. С. 141–146.

28. Ferguson N. The Square and the Tower: Networks, Hierarchies and the Struggle for Global Power. – New York: Penguin Press, 2017.

References.

1. Bank of England (2014), “Innovations in payment technologies and the emergence of digital currencies”. Bank of England Quarterly Bulletin. Q3, available at: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/quarterly-bulletin/2014/innovations-in-payment-technologies-and-the-emergence-of-digital-currencies.pdf> (Accessed 15 November 2018).

2. Financial Conduct Authority (2017), “Discussion Paper on distributed ledger technology”. April. DP17/3, available at: <https://www.fca.org.uk/publication/discussion/dp17-03.pdf> (Accessed 15 November 2018).

3. Financial Conduct Authority (2017), “Distributed Ledger Technology”. Feedback Statement on Discussion Paper 17/03, available at: <https://www.fca.org.uk/publication/feedback/fs17-04.pdf> (Accessed 15 November 2018).

4. Bank of England (2017), "The economics of distributed ledger technology for securities settlement". Staff Working Paper. August. № 670, available at: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/working-paper/2017/the-economics-of-distributed-ledger-technology-for-securities-settlement.pdf?la=en=17895E1C1FEC86D37E12E4BE63BA9D9741577FE> (Accessed 15 November 2018).
5. BIS (2017), "Distributed ledger technology in payment, clearing and settlement". An analytical framework. February, available at: <https://www.bis.org/cpmi/publ/d157.pdf> (Accessed 15 November 2018).
6. Bank of Japan (2017), "Payment systems: liquidity saving mechanisms in a distributed ledger environment. STELLA – a joint research project of the European Central Bank and the Bank of Japan". September, available at: http://www.boj.or.jp/en/announcements/release_2017/data/rel170906a1.pdf (Accessed 15 November 2018).
7. World Bank Group (2017), "Distributed Ledger Technology (DLT) and Blockchain". FinTech Note. № 1, available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/177911513714062215/pdf/122140-WP-PUBLIC-Distributed-Ledger-Technology-and-Blockchain-Fintech-Notes.pdf> (Accessed 15 November 2018).
8. World Economic Forum (2016), "The future of financial infrastructure. An ambitious look at how blockchain can reshape financial services". Part of the Future of Financial Services Series. August, available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_future_of_financial_infrastructure.pdf/ (Accessed 15 November 2018).
9. World Economic Forum (2017), "Realizing the Potential of Blockchain. A Multistakeholder Approach to the Stewardship of Blockchain and Cryptocurrencies". White Paper. June, available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Realizing_Potential_Blockchain.pdf (Accessed 15 November 2018).
10. Casey, M., Crane, J., Gensler, G. Johnson, S. and Narula N. (2018) "The Impact of Blockchain Technology on Finance: A Catalyst for Change". *Geneva Reports on the World Economy*, [Online], vol. 21, available at: <http://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2018/07/The-Impact-of-Blockchain-Technology-on-Finance-A-Catalyst-for-Change.pdf> (Accessed 15 November 2018).
11. Vigna, P. and Casey M. (2018), *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*, St. Martin Press, New York, US.
12. TrueChristianity.info (2018), "Ob'javleniia sv. Ivana Bohoslova. Bibliia v perekladi Ohienka", available at: http://www.truechristianity.info/ua/bible/rev_ua.php (Accessed 15 November 2018).
13. Project Syndicate (2018), Roubini N. "The Big Blockchain Lie". October 15. available at: <https://www.project-syndicate.org/commentary/blockchain-big-lie-by-nouriel-roubini-2018-10> (Accessed 15 November 2018).
14. Forklog (2017), "Chto takoe Proof-of-Work i Proof-of-Stake?", available at: <https://forklog.com/chtotakoe-proof-of-work-i-proof-of-stake/> (Accessed 15 November 2018).
15. Digiconomist (2018), "Bitcoin Energy Consumption", available at: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (Accessed 19 November 2018).
16. MIT Technology Review (2018), "Inside the Jordan refugee camp that runs on blockchain". April 12, available at: <https://www.technologyreview.com/s/610806/inside-the-jordan-refugee-camp-that-runs-on-blockchain/> (Accessed 19 November 2018).
17. World Bank (2018), "World Bank Prices First Global Blockchain Bond, Raising A\$110 Million". Press Release. August 23, available at: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/08/23/world-bank-prices-first-global-blockchain-bond-raising-a-110-million> (Accessed 15 November 2018).
18. Wikipedia. The free Encyclopedia (2018). "R3 (Company)", available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/R3_\(company\)#Corda](https://en.wikipedia.org/wiki/R3_(company)#Corda) (Accessed 15 November 2018).
19. R3 (2018), "The R3 Story. Industry-wide collaboration is in our DNA", available at: <https://www.r3.com/about/> (Accessed 15 November 2018).
20. Corda (2018), "The Corda Platform: An Introduction", available at: <https://www.corda.net/content/corda-platform-whitepaper.pdf> (Accessed 15 November 2018).
21. Arnold M. (2018), "Ripple and Swift slug it out over cross-border payments", *Financial Times*, June 6, available at: <https://www.ft.com/content/631af8cc-47cc-11e8-8c77-ff51caedcde6> (Accessed 15 November 2018).
22. Megaw N. (2018), "Santander launches blockchain-based foreign exchange service", *Financial Times*, April 12, available at: <https://www.ft.com/content/1e47733e-3e2a-11e8-b9f9-de94fa33a81e> (Accessed 15 November 2018).
23. The economist (2018), "Nailing it. The promise of the blockchain technology. What blockchains may be able to do for your business, and what they can't", *Technology Quarterly*, September 1, available at: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/09/01/the-promise-of-the-blockchain-technology> (Accessed 15 November 2018).
24. Verisart. "Certificate of Authenticity. Mona Lisa / La Gioconda", available at: <https://verisart.com/works/23f2c64a-08c6-4a42-8013-84ac8422dffb>
25. The economist (2018), "Beyond the hype. Dividing the cryptocurrency sheep from the blockchain goats", *Technology Quarterly*, September 1, available at: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/09/01/dividing-the-cryptocurrency-sheep-from-the-blockchain-goats>. (Accessed 15 November 2018).
26. The economist (2018), "The pot of gold at the end of the rainbow. What to make of cryptocurrencies and blockchains", *Technology Quarterly*, September 1, available at: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2018/08/30/what-to-make-of-cryptocurrencies-and-blockchains>

27. Krychevska, T.O. (2018), “The prospects of Distributed Ledger Technology and cryptocurrencies in the context of synchronization with the proliferation of the information and network economy”. *Informatsiia, analiz, prohnoz – stratehichni vazheli efektyvnoho derzhavnoho upravlinnia* [Information, Analysis, Forecast – Strategic Levers of the Effective Public Administration], XI Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia [International Scientific-practical Conference], Ukrainian Institute of Scientific, Technical and Economic Information, Kyiv, Ukraine, October 18, 2018, pp. 141–146.

28. Ferguson, N. (2017), *The Square and the Tower: Networks, Hierarchies and the Struggle for Global Power*, Penguin Press, New York, US.

Стаття надійшла до редакції 19.11.2018 р.