

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Факультет міжнародної економіки і менеджменту
Кафедра міжнародної економіки**

**ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «МІЖНАРОДНА ЕКОНОМІКА»
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 05 Соціальні та поведінкові науки
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 051 «Економіка»**

Форма навчання: очна (денна)
очна (денна), заочна, дистанційна

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему **Блокчейн-технології у світових фінансових операціях**
(назва теми)

Здобувача Волинця Артура Володимировича
(ПІБ, підпис)

Науковий керівник: к.е.н., доцент Загарій Віта Клавдіївна
(науковий ступінь, учене звання, ПІБ)

(підпис)

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною
комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)
Завідувач кафедри: д.е.н., професор Столярчук Я.М.**

(підпис)

Київ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА

Факультет міжнародної економіки і менеджменту
Кафедра міжнародної економіки

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА	«МІЖНАРОДНА ЕКОНОМІКА»
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	05 Соціальні та поведінкові науки
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	051 «Економіка»

ПОГОДЖЕНО

Керівник проєктної групи (гарант)
освітньо-професійної програми
«Міжнародна економіка»

(підпис) Людмила ЦИМБАЛ
(ініціали, прізвище)
«_____» _____ 20__ р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри міжнародної економіки

(підпис) Ярослава СТОЛЯРЧУК
(ініціали, прізвище)
«_____» _____ 20__ р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

здобувачу вищої освіти Волинцю Артуру Володимировичу

очної (денної) форми навчання

на підготовку кваліфікаційної магістерської роботи

на тему: «Блокчейн-технології у світових фінансових операціях»

**Тему затверджено наказом ректора Університету від «25» червня 2024 р.
№ 926-ст**

Кваліфікаційна магістерська робота виконується на матеріалах: праці вітчизняних та зарубіжних науковців і практиків, в тому числі праці науково-педагогічних працівників КНЕУ, які викладено у наукових посібниках, монографіях, наукових періодичних статтях; електронні видання, статистичні дані.

План кваліфікаційної магістерської роботи

Розділ 1	Теоретичні аспекти блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі
Розділ 2	Практичні аспекти використання блокчейн–технологій у фінансах
Розділ 3	Перспективи впровадження блокчейн–технологій у глобальній фінансовій системі
Об'єкт дослідження:	є процеси трансформації та розвитку світової фінансової системи під впливом впровадження блокчейн–технологій.
Предмет дослідження:	є теоретичні, методичні та практичні аспекти використання блокчейну у фінансовій сфері на глобальному рівні.
Мета кваліфікаційної магістерської роботи:	полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичних рекомендацій щодо використання блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі.

Конкретні завдання, які здобувач повинен виконати для досягнення поставленої мети:

У розділі 1 розкрити сутність та принципи функціонування блокчейн–технологій, дослідити історичний розвиток та еволюцію блокчейну, охарактеризувати види блокчейнів та їх класифікацію та проаналізувати практичне використання блокчейну у банківській сфері;

У розділі 2 дослідити застосування криптовалют як нового фінансового інструменту, вивчити використання блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках, обґрунтувати потенціал блокчейну як інструменту підвищення прозорості та безпеки фінансових операцій.

У розділі 3 проаналізувати розвиток регуляторних політик щодо блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі, оцінити перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн та запропонувати інтеграційну модель використання блокчейн–технологій в Україні, яка сприятиме формуванню фундаменту для подальшої цифровізації фінансового ринку України.

Завдання підготував
науковий керівник

В.К.Загарій

(підпис)
« » 2024 р.
Завдання одержав здобувач

А.В. Волинець

(підпис)
« » 2024 р.

Реферат

Кваліфікаційна магістерська робота містить 107 сторінок, 9 таблиць, 2 рисунки, список джерел складається з 52 найменувань.

«Блокчейн-технології у світових фінансових операціях»

(назва кваліфікаційної магістерської роботи)

Об'єктом дослідження є процеси трансформації та розвитку світової фінансової системи під впливом впровадження блокчейн-технологій.

Предметом дослідження виступають теоретичні, методичні та практичні аспекти використання блокчейну у фінансовій сфері на глобальному рівні.

Мета кваліфікаційної магістерської роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичних рекомендацій щодо використання блокчейн-технологій у світовій фінансовій системі.

Відповідно до поставленої мети були визначені такі *завдання*:

- розкрити сутність та принципи функціонування блокчейн-технологій;
- дослідити історичний розвиток та еволюцію блокчейну;
- охарактеризувати види блокчейнів та їх класифікацію;
- визначити роль блокчейну в децентралізації фінансових систем;
- проаналізувати практичне використання блокчейну у банківській сфері;
- дослідити застосування криптовалют як нового фінансового інструменту;
- вивчити використання блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках;
- обґрунтувати потенціал блокчейну як інструменту підвищення прозорості та безпеки фінансових операцій;

- проаналізувати розвиток регуляторних політик щодо блокчейн-технологій у світовій фінансовій системі;
- оцінити перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн;
- запропонувати інтеграційну модель використання блокчейн-технологій в Україні, яка сприятиме формуванню фундаменту для подальшої цифровізації фінансового ринку України.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає у формуванні наукового підґрунтя для досліджень у сфері впровадження блокчейн-технологій у фінансову систему, зокрема у контексті розвитку цифрових валют центральних банків (CBDC) та автоматизації фінансових операцій.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання фінансовими установами, регуляторними органами та іншими зацікавленими сторонами країн, зокрема і України, при розробці стратегій впровадження блокчейн-технологій у фінансові системи з метою підвищення ефективності, безпеки та прозорості фінансових операцій.

Рік виконання кваліфікаційної магістерської роботи 2024.

Рік захисту роботи 2024

Ключові слова: блокчейн-технології, трансформація, децентралізація фінансових систем, інтеграція.

В і д г у к
на кваліфікаційну магістерську роботу здобувача факультету
Міжнародної економіки і менеджменту освітньо-професійної програми
«Міжнародна економіка»
Волинця Артура Володимировича
на тему «Блокчейн-технології у світових фінансових операціях»

1. Актуальність теми: Децентралізована система обліку і зберігання даних, яка відома як блокчейн (Blockchain), отримала і продовжує набувати широкого поширення в фінансовій сфері. Блокчейн пропонує значне вдосконалення фінансових операцій через забезпечення їх прозорості, оптимізацію витрат на обробку даних та значне підвищення рівня безпеки. Незмінність даних, яку гарантує блокчейн, знижує ризики шахрайства, тоді як автоматизація процесів сприяє підвищенню загальної ефективності банківських та фінансових операцій. Тому тема є досить актуальною.

2. Позитивні риси кваліфікаційної магістерської роботи: В роботі розкрито сутність блокчейн-технологій як децентралізованої, розподіленої бази даних, досліджено історичний розвиток блокчейну, охарактеризовано основні види блокчейнів та здійснено їх класифікацію, проаналізовано практичне використання блокчейну у банківській сфері, розвиток регуляторних політик щодо блокчейн-технологій у світовій фінансовій системі, визначено перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн світу.

3. Наявність самостійних розробок автора: У роботі на основі оцінки перспектив інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн як інструменту підвищення ефективності, прозорості та доступності фінансових послуг, запропоновано інтеграційну модель використання блокчейн-технологій, адаптовану під специфіку національного ринку, яка сприятиме формуванню фундаменту для подальшої цифровізації фінансового ринку України.

4. Цінність теоретичних висновків та практичних рекомендацій полягає у можливості їх використання фінансовими установами, регуляторними органами та іншими зацікавленими сторонами країн, зокрема і України, при розробці стратегій впровадження блокчейн-технологій у фінансові системи з метою підвищення ефективності, безпеки та прозорості фінансових операцій.

5. Наявність недоліків: По тексту роботи зустрічаються окремі редакційні огріхи.

6. Загальна оцінка кваліфікаційної магістерської роботи та її допущення до захисту перед ЕК: робота відповідає всім поставленим вимогам, може бути допущена до захисту перед екзаменаційною комісією і заслуговує на оцінку 46 балів.

Науковий керівник: доцент кафедри міжнародної економіки, к.е.н., доцент

Загарій В.К.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

“ 22 ” листопада 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу
«Блокчейн-технології у світових фінансових операціях»

Магістерська робота на тему «Блокчейн-технології у світових фінансових операціях» присвячена дослідженню однієї з найбільш перспективних технологій сучасності. Автор роботи глибоко занурюється в аналіз впливу блокчейну на фінансову сферу, досліджуючи його потенціал для підвищення прозорості, безпеки та ефективності глобальних транзакцій. Блокчейн-технології стрімко поширюються у різних сферах економіки, зокрема у фінансах, де їх застосування може значно змінити традиційні підходи до операцій. Зважаючи на зростання обсягів міжнародних транзакцій та проблеми, пов'язані з їх вартістю і швидкістю, робота є надзвичайно актуальною.

Автор роботи детально аналізує етапи історичного розвитку блокчейн-технологій, що дозволяє зрозуміти еволюцію цієї інноваційної технології та її поступову інтеграцію в глобальні фінансові процеси. У роботі також систематизовано види блокчейнів, представлено їх класифікацію та охарактеризовано ключові особливості кожного з них.

Особливу увагу приділено аналізу ролі блокчейну у процесі децентралізації фінансових систем. Автор ґрунтовно досліджує можливості застосування блокчейну у банківській сфері, розглядаючи конкретні приклади впровадження технології у фінансових установах.

Робота містить глибокий аналіз використання криптовалют як інноваційного фінансового інструменту, а також детально розглянуто практики застосування блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках. Автор обґрунтовує потенціал цієї технології для підвищення прозорості та безпеки фінансових операцій, що є важливим кроком у напрямку вдосконалення сучасних фінансових механізмів.

Крім того, робота включає вивчення регуляторних підходів до блокчейн-технологій у різних країнах світу, акцентуючи увагу на їх впливі на інтеграцію блокчейну у фінансові системи. Завдяки цьому дослідженню автор оцінює перспективи адаптації блокчейну до особливостей фінансових ринків різних країн.

Магістерська робота демонструє системний підхід до аналізу складної теми та її практичного значення для світової фінансової системи. Висновки й рекомендації автора є актуальними і можуть бути корисними для спеціалістів, які займаються впровадженням новітніх технологій у сферу фінансів.

У роботі недостатньо висвітлено питання правового регулювання блокчейну у різних юрисдикціях, що має суттєве значення для фінансової сфери. Деякі положення, зокрема щодо ризиків технології, могли б бути доповнені більш детальним аналізом.

Робота написана українською мовою на належному фаховому рівні, відзначається логічністю, послідовністю та обґрунтованістю висновків, що повною мірою відповідають отриманим результатам досліджень.

Автор на високому рівні продемонстрував здатність до самостійної наукової роботи та наявністю критичного аналізу аспектів організації екологічного туризму з визначенням перспективних напрямків вдосконалення його геопросторової організації.



Дігено С. С.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БЛОКЧЕЙН–ТЕХНОЛОГІЙ У СВІТОВІЙ ФІНАНСОВІЙ СИСТЕМІ	7
1.1. Основні поняття та принципи блокчейн–технологій.....	7
1.2. Історичний розвиток та еволюція блокчейн–технологій.....	10
1.3. Види блокчейнів та їх класифікація.....	18
1.4. Роль блокчейну в децентралізації фінансових систем	24
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН–ТЕХНОЛОГІЙ У ФІНАНСАХ.....	33
2.1. Блокчейн як перспективна технологія у банківській сфері.....	33
2.2. Криптовалюти як новий фінансовий інструмент	38
2.3. Використання блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках.....	48
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН–ТЕХНОЛОГІЙ У ГЛОБАЛЬНІЙ ФІНАНСОВІЙ СИСТЕМІ.....	54
3.1. Блокчейн як інструмент підвищення прозорості та безпеки у фінансових операціях.....	54
3.2. Розвиток регуляторних політик щодо блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі.....	66
3.3. Перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн	72
ВИСНОВКИ.....	889
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

ВСТУП

Актуальність дослідження. Як розподілена база даних, блокчейн дозволяє зберігати захищені записи транзакцій, що підвищує довіру до операцій і інформації, що зберігається у фінансових системах. Децентралізація є ключовою частиною цієї технології, що означає усунення центральних посередників, таких як банки або урядові органи, які традиційно здійснюють контроль і регулювання фінансових операцій. Децентралізований підхід до блокчейну дозволяє значно зменшити залежність від однієї точки відмови, що забезпечує стійкість системи навіть у випадку зовнішніх загроз.

Підвищення прозорості є однією з основних переваг блокчейну в фінансовій системі. Учасники системи можуть перевіряти всі транзакції завдяки загальнодоступності технології, що створює довіру та зменшує ризик шахрайства та маніпуляцій. Так, смарт-контракти, автоматизовані, самовиконувані угоди, які працюють за попередньо встановленими умовами, значно зменшують кількість суперечок між сторонами. Це пов'язано з тим, що правила та результати транзакцій стають зрозумілими та незмінними. Впровадження блокчейну може скоротити витрати фінансових установ на операції. Блокчейн дозволяє знизити витрати на підтримку даних і усунути необхідність деяких управлінських операцій завдяки автоматизації та децентралізації процесів. Наприклад, транзакції можуть бути оброблені в режимі реального часу без необхідності залучення сторонніх організацій, що робить процес більш ефективним і менш витратним. У результаті це збільшує доступність фінансових послуг для більшої кількості людей і спонукає до інновацій у фінансовій сфері.

Нарешті, завдяки блокчейн-технологіям можна створювати нові фінансові інструменти, зокрема криптовалюти, які пропонують користувачам альтернативу традиційним валютам. Тим не менш, посилення популярності криптовалют супроводжується проблемами, такими як обмеження, масштабування та ризик волатильності. З цієї причини фінансові інститути та

дослідники прагнуть знайти спосіб балансувати між стабільністю та інноваціями. Через це дослідження блокчейну в фінансових системах є важливим як з технологічної, так і з соціально–економічної точки зору. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика впровадження блокчейн–технологій у фінансовій сфері знайшла відображення у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема, Ю. Вергелюк [2] досліджував потенціал використання блокчейн–технологій на фінансовому ринку. О. Д. Вовчак та Н. М. Гонгало [3; 4] аналізували вплив цифрових інновацій, включаючи блокчейн, на конкурентоспроможність банків. Л. А. Дудинець [7] розглядала розвиток фінансових технологій як фактор модернізації фінансової системи. А. Кудь, М. Кучерявенко та Є. Смичок [11; 12] приділили увагу правовому регулюванню цифрових активів у світлі розвитку технології блокчейн. Водночас, незважаючи на значну кількість публікацій, питання комплексного дослідження ролі блокчейну у трансформації світової фінансової системи залишається недостатньо висвітленим і потребує подальшого наукового опрацювання.

Мета дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробці практичних рекомендацій щодо використання блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- розкрити сутність та принципи функціонування блокчейн–технологій;
- дослідити історичний розвиток та еволюцію блокчейну;
- охарактеризувати види блокчейнів та їх класифікацію;
- визначити роль блокчейну в децентралізації фінансових систем;
- проаналізувати практичне використання блокчейну у банківській сфері;
- дослідити застосування криптовалют як нового фінансового інструменту;

- вивчити використання блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках;
- обґрунтувати потенціал блокчейну як інструменту підвищення прозорості та безпеки фінансових операцій;
- проаналізувати розвиток регуляторних політик щодо блокчейн-технологій у світовій фінансовій системі;
- оцінити перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн.
- запропонувати інтеграційну модель використання блокчейн-технологій в Україні, яка сприятиме формуванню фундаменту для подальшої цифровізації фінансового ринку України.

Об’єктом дослідження є процеси трансформації та розвитку світової фінансової системи під впливом впровадження блокчейн-технологій.

Предметом дослідження виступають теоретичні, методичні та практичні аспекти використання блокчейну у фінансовій сфері на глобальному рівні.

Методи дослідження. У роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: аналіз і синтез, індукція і дедукція, історичний метод, порівняння, систематизація, узагальнення, графічний метод.

Теоретичне значення отриманих результатів полягає у формуванні наукового підґрунтя для досліджень у сфері впровадження блокчейн-технологій у фінансову систему, зокрема у контексті розвитку цифрових валют центральних банків (CBDC) та автоматизації фінансових операцій.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання фінансовими установами, регуляторними органами та іншими зацікавленими сторонами країн, зокрема і України, при розробці стратегій впровадження блокчейн-технологій у фінансові системи з метою підвищення ефективності, безпеки та прозорості фінансових операцій.

Інформаційна база дослідження. Для написання магістерської роботи було використано друковані та електронні видання, праці вітчизняних вчених,

праці науково-педагогічних працівників КНЕУ, статистичні дані, ресурси мережі Інтернет.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БЛОКЧЕЙН–ТЕХНОЛОГІЙ У СВІТОВІЙ ФІНАНСОВІЙ СИСТЕМІ

1.1. Основні поняття та принципи блокчейн–технологій

Технологія блокчейн становить фундаментальну інновацію у сфері збереження та передачі даних, яка докорінно трансформує підходи до організації фінансових транзакцій та обміну цінностями в цифровому просторі. Револьюційність блокчейну полягає в створенні принципово нової архітектури збереження інформації, котра базується на розподіленому реєстрі даних та криптографічних методах захисту [11].

Історія розвитку блокчейн–технології бере початок з фундаментальної праці криптографів Стюарта Хабера та Скотта Сторнетта, опублікованої в 1991 році під назвою «Як поставити мітку часу в цифровому документі» [46]. Науковці запропонували революційний на той час підхід до підтвердження автентичності електронних документів через систему криптографічних міток часу. Подальший розвиток технології пов'язаний з появою біткоїна в 2008 році, коли під псевдонімом Сатоші Накамото було опубліковано документ «Біткоїн: однорангова електронна готівкова система».

Фундаментальною характеристикою блокчейну постає децентралізована архітектура зберігання даних, при якій інформація розподіляється між багатьма незалежними вузлами мережі. Кожен новий блок інформації криптографічно пов'язується з попереднім, формуючи нерозривний ланцюжок даних. Механізм консенсусу забезпечує узгодження дій всіх учасників мережі при валідації нових транзакцій та блоків. Задля розкриття особливостей технології блокчейн представлено таблицю, в якій систематизовано ключові характеристики, що визначають її функціональні можливості (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Ключові характеристики технології блокчейн

Характеристика	Опис функціональності
Децентралізація	Відсутність єдиного центру управління, розподілене зберігання даних між учасниками мережі
Незмінність	Неможливість модифікації або видалення раніше записаної інформації
Прозорість	Всі транзакції доступні для перегляду учасниками мережі
Безпека	Використання криптографічних методів для захисту даних
Консенсус	Механізм узгодження дій учасників при валідації транзакцій

Джерело: складено автором за [25;27]

Математичний апарат криптографії забезпечує надійний захист інформації в блокчейн–мережі. Асиметричне шифрування з використанням публічних та приватних ключів гарантує автентифікацію користувачів та цілісність даних. Хеш–функції створюють унікальні ідентифікатори блоків та транзакцій, роблячи неможливим непомітну модифікацію інформації. Масштабне впровадження блокчейн–технології у фінансовому секторі розпочалося після успішної реалізації концепції криптовалют. Провідні фінансові установи та технологічні компанії активно досліджують потенціал блокчейну для оптимізації бізнес–процесів та створення інноваційних фінансових продуктів. За прогнозами аналітичних агентств, до 2025 року глобальні інвестиції в блокчейн–рішення перевищать 25 млрд доларів США. Сфери практичного застосування блокчейну невпинно розширюються, охоплюючи міжнародні платежі, управління ланцюгами поставок, ідентифікацію та верифікацію клієнтів, смарт–контракти, токенизацію активів. Технологія демонструє значний потенціал для підвищення ефективності та прозорості фінансових операцій, зниження транзакційних витрат, протидії шахрайству. Блокчейн створює технологічну платформу для розвитку децентралізованих фінансів (DeFi), що функціонують без традиційних фінансових посередників. Смарт–контракти автоматизують виконання фінансових угод, забезпечуючи прозорість та незмінність умов. Токенизація реальних активів відкриває нові можливості для інвестування та управління правами власності.

Розвиток міжнародної торгівлі та глобальних ланцюгів поставок стимулює впровадження блокчейн-рішень для оптимізації документообігу та відстеження руху товарів. Провідні логістичні компанії та торгові майданчики створюють консорціуми для розробки галузевих блокчейн-стандартів та протоколів взаємодії [14].

Банківський сектор активно досліджує можливості використання блокчейну для модернізації платіжної інфраструктури та розрахункових систем. Технологія дозволяє суттєво прискорити транскордонні перекази, знизити комісії та підвищити прозорість операцій. Центральні банки багатьох країн працюють над створенням цифрових валют на основі блокчейну, що також сприятиме загальному розвитку фінансової системи. Основні напрями та переваги впровадження блокчейн-технологій у фінансовому секторі узагальнені у таблиці, яка демонструє ефекти впровадження у кожному з цих напрямків (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Переваги впровадження блокчейн-технологій у фінансовому секторі

Напрямок	Ефекти впровадження
Міжнародні платежі	Зниження вартості та прискорення транскордонних переказів
Управління активами	Токенізація активів, автоматизація операцій через смарт-контракти
Кредитування	Прозора оцінка кредитоспроможності, автоматизація видачі позик
Торгове фінансування	Оптимізація документообігу, прискорення розрахунків
Комплаєнс	Автоматизація процедур KYC/AML, протидія шахрайству

Джерело: складено автором за [21;22]

Регуляторні органи різних країн формують нормативно-правову базу для впровадження блокчейн-технологій у фінансовому секторі. Розробляються стандарти та вимоги щодо безпеки, захисту персональних даних, протидії відмиванню коштів. Міжнародні організації працюють над гармонізацією регулювання блокчейн-індустрії. Технологічні виклики масштабування блокчейн-мереж стимулюють розробку нових протоколів консенсусу та архітектурних рішень. Впроваджуються механізми шардингу для підвищення пропускної здатності, розвиваються технології другого рівня для оптимізації

обробки транзакцій. Значна увага приділяється питанням енергоефективності та екологічності блокчейн-систем. Міжнародні платіжні системи та фінансові установи створюють власні блокчейн-платформи або приєднуються до галузевих консорціумів. Ripple, R3, Hyperledger активно розвивають корпоративні блокчейн-рішення для фінансового сектору. Формуються глобальні екосистеми для обміну даними та проведення транзакцій. Інтеграція блокчейну з технологіями штучного інтелекту та інтернету речей відкриває нові можливості для автоматизації фінансових процесів. Смарт-контракти можуть автоматично виконувати операції на основі даних від IoT-пристроїв, машинне навчання оптимізує параметри блокчейн-мереж та виявляє аномалії. Подальший розвиток блокчейн-технологій пов'язаний з вирішенням технологічних, регуляторних та організаційних викликів масштабного впровадження. Необхідна розробка галузевих стандартів, забезпечення сумісності різних платформ, підвищення продуктивності та безпеки систем. Важливим завданням залишається підготовка кваліфікованих фахівців для роботи з блокчейн-технологіями.

1.2. Історичний розвиток та еволюція блокчейн-технологій

Історичний шлях розвитку технології блокчейн розпочався задовго до появи першої криптовалюти Bitcoin. Початкові концепції розподілених реєстрів та криптографічного захисту даних зародилися ще в 1970-х роках, коли група дослідників працювала над створенням захищених систем передачі інформації. Фундаментальні дослідження в галузі криптографії заклали основу для майбутнього розвитку блокчейн-технологій. Історичний розвиток технології блокчейн нерозривно пов'язаний з фундаментальними дослідженнями в галузі криптографії та систем розподіленого зберігання даних. Публікація роботи Стюарта Хабера та Скотта Сторнетта в 1991 році стала революційним проривом у вирішенні проблеми захисту цифрових документів та підтвердження їх автентичності. Запропонована науковцями концепція

базувалася на використанні криптографічних хеш-функцій для створення унікальних ідентифікаторів документів та формування послідовного ланцюжка посилань між ними. Фундаментальним принципом системи Хабера-Сторнетта став механізм *timestamping* – проставлення міток часу на цифрових документах з подальшою криптографічною фіксацією. При створенні нового документа генерувався унікальний хеш-код, який об'єднувався з хешем попереднього документа та міткою часу. Отриманий комбінований хеш зберігався та використовувався для наступного документа, формуючи нерозривний ланцюжок криптографічно пов'язаних записів [3].

Принциповою інновацією стало використання газети New York Times як публічного реєстру для періодичної публікації агрегованих хеш-значень. Друк хешів у розділі оголошень забезпечував незалежне підтвердження існування документів на певний момент часу та унеможлилював непомітну модифікацію раніше створених записів. Механізм публічної верифікації став прообразом сучасних блокчейн-мереж з розподіленим консенсусом. Паралельно з дослідженнями Хабера та Сторнетта розвивалися технології розподілених обчислень та однорангових мереж. Поява протоколу BitTorrent у 2001 році продемонструвала ефективність децентралізованого обміну даними без єдиного координуючого центру. Принципи роботи P2P-мереж згодом були використані при створенні архітектури блокчейн-платформ. Значний внесок у розвиток криптографічної складової блокчейну зробили дослідження в галузі асиметричного шифрування та цифрового підпису. Алгоритм RSA, розроблений Рівестом, Шаміром та Адлеманом, забезпечив математичну основу для створення пар відкритих та закритих ключів. Схеми цифрового підпису дозволили реалізувати механізми автентифікації користувачів та підтвердження цілісності транзакцій [7].

Розробка протоколів розподіленого консенсусу стала ключовим етапом у формуванні теоретичного фундаменту блокчейн-технологій. Дослідження проблеми візантійських генералів та механізмів досягнення угоди в розподілених системах заклали основу для створення алгоритмів валідації

транзакцій. Практичне вирішення проблеми подвійних витрат без довіреного центру стало можливим завдяки механізму *proof-of-work*. Значний вплив на розвиток концепції блокчейну справили роботи в галузі криптографічних протоколів електронних грошей. Дослідження Девіда Чаума щодо сліпих підписів та анонімних платіжних систем сформували теоретичну базу для створення цифрових валют. Запропоновані механізми забезпечення конфіденційності транзакцій були згодом використані в різних блокчейн-проектах. Формування математичного апарату для роботи з ланцюжками блоків включало розробку ефективних алгоритмів хешування та структур даних. Древа Меркла дозволили оптимізувати зберігання та верифікацію транзакцій у блоках. Механізми доказу включення транзакції в блок без необхідності зберігання повної історії стали основою для легких клієнтів блокчейн-мереж. Дослідження в галузі розподілених баз даних та реплікації даних сприяли створенню ефективних механізмів синхронізації стану між вузлами блокчейн-мережі. Протоколи досягнення консенсусу щодо порядку транзакцій та валідації нових блоків забезпечили узгоджену роботу децентралізованої системи. Механізми вирішення конфліктів при появі альтернативних ланцюжків блоків стали важливою складовою архітектури блокчейну [11].

Значним викликом у розвитку технології стало забезпечення масштабованості та високої пропускнуєї здатності мереж. Дослідження методів шардингу та паралельної обробки транзакцій заклали основу для створення високопродуктивних блокчейн-платформ. Механізми агрегації підписів та оптимізації розміру блоків дозволили підвищити ефективність обробки транзакцій. Розвиток криптографічних протоколів конфіденційності розширив можливості застосування блокчейну в корпоративному секторі. Механізми *zero-knowledge proofs* дозволили реалізувати верифіковані обчислення без розкриття вхідних даних. Протоколи гомоморфного шифрування забезпечили можливість операцій над зашифрованими даними. Формування теоретичних основ смарт-контрактів відкрило новий напрямок у розвитку блокчейн-технологій. Концепція програмованих контрактів, запропонована Ніком Сабо,

знайшла практичне втілення в платформі Ethereum. Розробка мов програмування та середовищ виконання смарт-контрактів створила фундамент для децентралізованих додатків. Дослідження механізмів економічної мотивації учасників мережі сприяли створенню стійких децентралізованих систем. Теорія ігор та поведінкова економіка допомогли сформувати ефективні моделі винагороди за підтримку роботи мережі. Механізми стейкінгу та делегованого підтвердження частки забезпечили енергоефективні альтернативи *proof-of-work* [16].

Розвиток протоколів взаємодії між різними блокчейнами став важливим напрямком досліджень. Механізми атомарних свопів та крос-чейн комунікації дозволили створити єдиний простір для обміну активами. Технології сайдчейнів та дворівневих рішень розширили можливості масштабування блокчейн-систем.

Формування стандартів сумісності та взаємодії сприяло розвитку екосистеми блокчейн-рішень. Специфікації токенів різних типів забезпечили уніфікований підхід до створення цифрових активів. Стандартизація форматів даних та протоколів обміну повідомленнями спростила інтеграцію різних платформ. Дослідження механізмів управління блокчейн-мережами заклали основу для створення децентралізованих автономних організацій. Протоколи on-chain голосування дозволили реалізувати демократичні механізми прийняття рішень щодо розвитку платформ. Системи репутації та стимулювання якісного управління забезпечили стійкість децентралізованих проєктів. Розвиток технологій валідації даних з реального світу розширив сферу застосування смарт-контрактів. Механізми оракулів та децентралізованих мостів дозволили отримувати верифіковану інформацію з зовнішніх джерел. Протоколи агрегації даних від різних постачальників забезпечили надійність роботи децентралізованих додатків. Формування методології аудиту та верифікації смарт-контрактів стало важливим напрямком досліджень. Розробка формальних методів аналізу коду та інструментів тестування підвищила надійність децентралізованих систем. Механізми

виявлення вразливостей та автоматизованого аудиту забезпечили безпеку блокчейн-додатків [21].

Розвиток технологій розподілених обчислень та *peer-to-peer* мереж у 1990-х роках створив технологічний фундамент для реалізації концепції блокчейну. Поява протоколів шифрування та електронного підпису розширила можливості забезпечення безпеки та достовірності цифрових транзакцій. Паралельно розвивалися дослідження в галузі консенсусних механізмів та розподіленого прийняття рішень [5].

Запуск мережі Bitcoin в січні 2009 року став початком нової ери в розвитку блокчейн-технологій. Успішна робота першої криптовалюти продемонструвала практичну життєздатність концепції розподіленого реєстру та механізму досягнення консенсусу Proof of Work. Протягом наступних років спільнота розробників активно вдосконалювала протокол Bitcoin, розширюючи функціональні можливості мережі [2].

У 2015 році поява платформи Ethereum стала новим витком еволюції блокчейну і відзначила початок ери програмованих блокчейнів, які дозволили не просто зберігати транзакції, а й реалізувати автоматизовані, програмовані умови для виконання різноманітних угод. На відміну від біткоїна, який був призначений переважно для зберігання та переказу вартості, Ethereum запропонував революційну можливість створювати смарт-контракти — невеликі програми, що самостійно виконують задані умови без потреби у посередниках. Ця концепція значно розширила сферу застосування блокчейну, дозволивши розробникам створювати децентралізовані додатки (dApps), які могли бути використані для різноманітних процесів, від фінансових операцій до голосувань, управління даними та навіть ігрових сценаріїв. Смарт-контракти стали основою децентралізованих додатків, які вже не вимагали участі сторонніх учасників для забезпечення виконання угод, оскільки все відбувалося автоматично при виконанні умов, записаних у блокчейн, що дало змогу підвищити прозорість і знизити витрати, пов'язані з багатьма транзакціями. Ключовою характеристикою смарт-контрактів є те, що вони незмінні та

надійні: як тільки програмний код контракту завантажено в блокчейн, його більше не можна змінити або видалити, що забезпечує високий рівень довіри до процесів [6].

Завдяки цьому Ethereum і подібні платформи стали основою для створення так званої екосистеми децентралізованих фінансів (DeFi), де фінансові послуги надаються без участі традиційних банків або фінансових посередників. DeFi–екосистема швидко зросла, пропонуючи широкий спектр послуг: від обміну криптовалютами і кредитування до страхування та управління активами. Використання децентралізованих додатків дозволило здійснювати фінансові операції миттєво, надійно та з мінімальними комісіями, що створило нові можливості для користувачів, які мали змогу отримувати фінансові послуги незалежно від свого місця проживання чи доступу до банківських установ. Ethereum фактично відкрив двері для нової ери фінансових інновацій, де кожен міг стати учасником економіки, орієнтованої на децентралізацію та демократизацію фінансових послуг. Використання смарт–контрактів та децентралізованих додатків дозволило значно скоротити бар'єри для входу в інвестиційну діяльність, зробити фінансові інструменти доступними для широких верств населення, що в майбутньому може докорінно змінити традиційну модель фінансових ринків. Окрім DeFi, Ethereum заклав основи для токенизації активів, що означає можливість представляти реальні активи, такі як нерухомість, цінні папери, предмети мистецтва або інші об'єкти вартості, у вигляді цифрових токенів на блокчейні. Це дозволяє розширити традиційні ринки, створити нові моделі власності та обігу активів, а також забезпечити прозорість і простоту їхнього обміну. За допомогою токенизації можна розділити право власності на актив між багатьма учасниками, зробити його більш ліквідним і доступним для інвесторів з різних частин світу. Таким чином, токенизація відкрила доступ до інвестицій у різні категорії активів, які раніше були недоступними через високу вартість або географічні обмеження, інновації привернули увагу корпоративного сектору, який розпочав активно досліджувати можливості блокчейн–технологій для своїх бізнес–процесів [11].

Великі фінансові установи та технологічні компанії побачили в блокчейні потенціал для оптимізації роботи з великими обсягами даних, автоматизації внутрішніх процесів, а також підвищення прозорості та довіри до транзакцій. Після 2015 року чимало відомих компаній створили блокчейн-лабораторії для розробки галузевих рішень, спрямованих на поліпшення ефективності у фінансовому, логістичному, медичному, енергетичному та багатьох інших секторах. У фінансовій сфері, зокрема, банки почали досліджувати можливості використання смарт-контрактів для автоматизації платежів, управління активами, взаєморозрахунків і навіть надання кредитів. Для розвитку корпоративних блокчейн-рішень було створено кілька впливових консорціумів, таких як R3 і Hyperledger. Консорціум R3 сфокусувався на створенні блокчейн-платформи Corda, яка оптимізована для міжбанківських та фінансових операцій і забезпечує конфіденційність даних, що є важливим для банківського сектору. Платформа Corda дозволяє здійснювати транзакції між фінансовими установами у режимі реального часу, без необхідності публічного доступу до всіх даних транзакції. Hyperledger, у свою чергу, зосередився на розробці корпоративних рішень для різних галузей, об'єднуючи зусилля таких компаній, як IBM, Intel, JPMorgan та багатьох інших. Hyperledger пропонує відкриті блокчейн-протоколи, які можна адаптувати для широкого спектру застосувань, від управління ланцюгами постачання до контролю прав власності [15].

Період 2017–2018 років характеризувався стрімким зростанням інтересу до блокчейн-технологій та криптовалют. Бум первинних розміщень токенів (ICO) продемонстрував потенціал блокчейну для залучення інвестицій та токенизації активів. Водночас виявилися технологічні обмеження наявних платформ щодо масштабованості та пропускної здатності. Наступні роки ознаменувалися активним розвитком рішень для підвищення масштабованості блокчейн-мереж. Впроваджувалися технології другого рівня, такі як Lightning Network для Bitcoin та різноманітні сайдчейни. Розроблялися нові механізми консенсусу, включаючи Proof of Stake, для підвищення енергоефективності мереж. Значним етапом розвитку стало впровадження блокчейну в державному секторі різних

країн. Естонія першою почала використовувати технологію для захисту державних реєстрів та надання електронних послуг громадянам. Інші країни також запускали пілотні проекти у сферах реєстрації прав власності, охорони здоров'я, освіти [19].

Період 2020–2021 років характеризувався стрімким розвитком децентралізованих фінансів (DeFi) на базі блокчейну Ethereum та інших смарт-контракт платформ. З'явилися нові фінансові інструменти та протоколи для кредитування, торгівлі, страхування без участі традиційних посередників. Обсяг заблокованих коштів у DeFi-протоколах досяг десятків мільярдів доларів.

Паралельно розвивалася сфера невзаємозамінних токенів (NFT), що відкрила нові можливості для цифрового мистецтва та віртуальних активів. Блокчейн-технології почали активно впроваджуватися в ігрову індустрію та метавсесвіт, створюючи нові моделі монетизації та взаємодії користувачів. Центральні банки різних країн розпочали дослідження можливостей випуску власних цифрових валют (CBDC) на основі блокчейну. Китай запустив масштабне тестування цифрового юаня, інші країни також працюють над створенням регульованих цифрових валют для модернізації платіжної інфраструктури. Сучасний етап розвитку блокчейн-технологій характеризується зростаючою увагою до питань енергоефективності та екологічності. Відбувається перехід від енергоємного механізму Proof of Work до альтернативних алгоритмів консенсусу. Ethereum успішно здійснив міграцію на Proof of Stake, що значно знизило енергоспоживання мережі. Активно розвиваються рішення для забезпечення взаємодії різних блокчейн-мереж та створення єдиного простору для обміну активами. Технології крос-чейн мостів та атомарних свопів дозволяють здійснювати транзакції між різними блокчейнами без довірених посередників. Регуляторні органи формують нормативно-правову базу для роботи з блокчейн-технологіями та криптоактивами. Розробляються стандарти щодо випуску та обігу цифрових

активів, вимоги до операторів блокчейн-інфраструктури, правила протидії відмиванню коштів [28].

Перспективними напрямками подальшого розвитку блокчейну залишаються підвищення масштабованості та пропускної здатності мереж, забезпечення конфіденційності транзакцій, спрощення користувацького досвіду, інтеграція з технологіями штучного інтелекту та інтернету речей.

1.3. Види блокчейнів та їх класифікація

Класифікація блокчейн-систем відображає багатогранність технологічних рішень та механізмів функціонування розподілених реєстрів. Первинним критерієм диференціації блокчейнів виступає модель доступу до мережі, яка визначає базові принципи взаємодії учасників та механізми валідації транзакцій [41].

Публічні блокчейни характеризуються повною відкритістю для приєднання нових учасників та відсутністю централізованого контролю за функціонуванням мережі. Механізм консенсусу в таких системах базується на економічних стимулах та криптографічних доказах, що забезпечує незалежність від довірених посередників. Найбільш поширеними прикладами публічних блокчейнів є Bitcoin та Ethereum, які створили фундамент для розвитку децентралізованих фінансів [32].

Приватні блокчейни функціонують як закриті системи з обмеженим доступом учасників та централізованим управлінням мережею. Валідація транзакцій у таких мережах здійснюється визначеним колом довірених вузлів, що дозволяє досягти високої продуктивності та енергоефективності. Корпоративний сектор активно використовує приватні блокчейни для оптимізації бізнес-процесів і захисту конфіденційної інформації, що сприяє підвищенню безпеки та контролю над даними [38]. У таблиці наведено порівняльну характеристику типів блокчейн-мереж за моделлю доступу, яка

відображає основні відмінності між публічними, приватними та консорціумними блокчейнами (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика типів блокчейн–мереж за моделлю доступу

Критерій	Публічний блокчейн	Приватний блокчейн	Консорціумний блокчейн
Доступ до мережі	Відкритий для всіх	Обмежений організацією	Обмежений групою організацій
Управління	Децентралізоване	Централізоване	Частково централізоване
Механізм консенсусу	PoW, PoS	BFT, PoA	BFT, PoA, гібридні
Швидкість транзакцій	Низька	Висока	Середня
Анонімність	Псевдонімна	Ідентифікована	Ідентифікована

Джерело: складено автором за [18;20]

Консорціумні блокчейни представляють гібридну модель, що поєднує елементи публічних та приватних систем. Управління мережею здійснюється групою організацій на основі попередньо узгоджених правил. Механізми консенсусу базуються на алгоритмах візантійської стійкості, що забезпечує ефективну валідацію транзакцій довіреними вузлами. За способом зберігання даних виділяють блокчейни з повним та частковим реплікуванням інформації. Повне реплікування передбачає зберігання всієї історії транзакцій на кожному вузлі мережі, що забезпечує максимальну надійність, але створює високе навантаження на учасників.

Часткове реплікування дозволяє оптимізувати використання ресурсів через розподіл даних між вузлами мережі, що забезпечує ефективність роботи блокчейн–системи, зменшуючи навантаження на окремі елементи інфраструктури. Важливою складовою технології є механізми консенсусу, які формують окремий критерій класифікації блокчейнів. Наприклад, механізм Proof of Work, що базується на вирішенні складних математичних задач, потребує значних обчислювальних ресурсів для підтримки безпеки мережі. Proof of Stake, у свою чергу, використовує економічні стейки учасників для валідації транзакцій, що знижує енергоспоживання. Delegated Proof of Stake

передбачає делегування права валідації транзакцій обраним представникам мережі, забезпечуючи швидкість та ефективність транзакцій [39]. Для класифікації блокчейн-платформ за функціональними можливостями використовується поділ за поколіннями, що відображено в таблиці 1.4, де показані ключові характеристики кожного покоління та приклади відповідних платформ.

Таблиця 1.4. – Класифікація блокчейн-платформ за функціональними можливостями

Покоління	Основні характеристики	Приклади платформ
Blockchain 1.0	Криптовалюти та платежі	Bitcoin, Litecoin
Blockchain 2.0	Смарт-контракти та токени	Ethereum, NEO
Blockchain 3.0	Міжблокчейн взаємодія	Polkadot, Cosmos
Blockchain 4.0	Інтеграція з IoT та AI	IOTA, Cardano

Джерело: складено автором за [16;18]

За рівнем програмованості виділяють блокчейни з обмеженим та розширеним функціоналом смарт-контрактів. Обмежені системи підтримують базові операції з активами. Розширені платформи забезпечують можливість створення складних децентралізованих додатків через повнофункціональні мови програмування [40].

Масштабованість блокчейн-мереж представляє фундаментальний виклик для широкого впровадження технології розподілених реєстрів. Архітектурні рішення для підвищення пропускної здатності мереж розвиваються в декількох ключових напрямках, кожен з яких має власні переваги та обмеження [43].

Шардинг як технологія горизонтального масштабування передбачає розділення загального стану мережі на окремі фрагменти (шарди), які обробляються паралельно різними групами вузлів. Кожен шард містить підмножину транзакцій та смарт-контрактів, що дозволяє розподілити навантаження між учасниками мережі. Механізми крос-шардингової взаємодії забезпечують цілісність даних та можливість проведення транзакцій між різними шардами. Протокол шардингу включає декілька ключових

компонентів: механізм розподілу транзакцій між шардами, систему синхронізації стану між фрагментами, алгоритми досягнення консенсусу всередині кожного шарду. Randomly Assigned Shard блокчейни використовують випадковий розподіл вузлів між шардами для забезпечення безпеки. State-based Sharding системи розділяють стан мережі на основі визначених правил балансування навантаження. Сайдчейни представляють окремі блокчейни, які функціонують паралельно з основною мережею та мають власні механізми консенсусу. Двостороння прив'язка між основним та бічним ланцюжками забезпечується через спеціальні протоколи підтвердження транзакцій. Сайдчейни можуть використовувати різні моделі безпеки та правила валідації, що дозволяє оптимізувати їх під конкретні застосування [41].

Федеративні сайдчейни управляються групою довірених валідаторів, які забезпечують швидку обробку транзакцій та низьку вартість операцій. Децентралізовані сайдчейни використовують механізми економічної мотивації для забезпечення безпеки мережі. Гібридні моделі поєднують елементи федеративного та децентралізованого підходів для досягнення оптимального балансу між продуктивністю та безпекою. Технології другого рівня забезпечують масштабування через винесення частини обчислень за межі основного блокчейну. State channels дозволяють учасникам проводити необмежену кількість транзакцій офчейн з періодичною синхронізацією стану з основною мережею. Plasma створює ієрархію дочірніх ланцюжків з власними механізмами валідації. Rollups агрегують множину транзакцій в один блок для оптимізації використання простору в основному блокчейні.

Конфіденційність транзакцій досягається через впровадження різних криптографічних протоколів, які забезпечують приватність даних при збереженні можливості їх верифікації. Zero-knowledge proofs дозволяють довести валідність транзакції без розкриття її деталей через математичні докази. zk-SNARKs забезпечують компактні та швидкі докази, що робить їх придатними для практичного застосування в блокчейн-системах. Ring signatures створюють механізм анонімізації транзакцій через об'єднання

підписів multiple учасників. Підписувач використовує публічні ключі інших користувачів для створення кільцевого підпису, що приховує справжнього відправника. Розмір кільця визначає рівень анонімності – більша кількість учасників забезпечує кращу приватність за рахунок збільшення розміру транзакції [38].

Конфіденційні транзакції використовують гомоморфне шифрування для приховування сум переказів при збереженні можливості перевірки балансів. Pedersen Commitments дозволяють довести коректність операцій з зашифрованими значеннями. Bulletproofs забезпечують ефективні докази діапазону для конфіденційних сум без потреби в довіреному налаштуванні [36].

Механізми управління оновленнями блокчейн-протоколів визначають процедури впровадження змін у мережі. Хард-форки передбачають повну зміну правил консенсусу, що призводить до розділення ланцюжка на дві несумісні версії. Всі вузли мережі повинні оновити програмне забезпечення для роботи з новим протоколом, що створює ризики розколу спільноти. Софт-форки забезпечують зворотну сумісність через поступове впровадження змін при збереженні базових правил консенсусу. Старі вузли продовжують працювати з мережею, але не можуть використовувати нові функції. Такий підхід знижує ризики розколу, але обмежує можливості для фундаментальних змін протоколу. Параметричні оновлення дозволяють модифікувати налаштування мережі без зміни базового протоколу через механізми управління on-chain. Голосування учасників визначає значення системних параметрів, таких як розмір блоку, комісії за транзакції, параметри емісії. Такий підхід забезпечує гнучкість при збереженні стабільності мережі. Механізми автоматичного оновлення смарт-контрактів дозволяють впроваджувати зміни в логіку децентралізованих додатків. Prox contracts забезпечують можливість оновлення імплементації при збереженні стану та інтерфейсів. Diamond pattern підтримує модульну архітектуру з можливістю вибіркового оновлення функціоналу. Координація процесів оновлення в розподілених системах потребує ефективних механізмів досягнення консенсусу. Signaling periods

дозволяють учасникам мережі висловити підтримку запропонованим змінам. *Activation thresholds* визначають необхідний рівень підтримки для впровадження оновлень. *Grace periods* забезпечують плавний перехід між версіями протоколу [35].

On-chain governance mechanisms формалізують процеси прийняття рішень щодо оновлень мережі. Децентралізовані автономні організації (DAO) забезпечують прозорі механізми голосування та виконання прийнятих рішень. *Quadratic voting* оптимізує розподіл *voting power* для збалансування впливу учасників. *Testing networks* дозволяють перевірити працездатність оновлень перед впровадженням в основну мережу. *Canary networks* забезпечують поступове розгортання змін з обмеженим впливом на користувачів. *Emergency shutdown mechanisms* захищають систему від критичних помилок в оновленнях. Комплексний підхід до масштабування та оновлення блокчейн-мереж потребує балансування різних технологічних рішень. Гібридні архітектури поєднують переваги різних підходів для досягнення оптимальної продуктивності та безпеки. Модульні дизайни забезпечують гнучкість при впровадженні інновацій [36].

Розвиток технологій масштабування та оновлення блокчейнів продовжується в напрямку підвищення ефективності та безпеки рішень. Дослідження нових криптографічних протоколів розширює можливості забезпечення конфіденційності. Вдосконалення механізмів управління змінами підвищує стійкість мереж до розколів спільноти. Конфіденційність транзакцій реалізується через різні криптографічні протоколи. *Zero-knowledge proofs* дозволяють підтверджувати валідність операцій без розкриття деталей. *Ring signatures* забезпечують анонімність учасників через змішування підписів. Конфіденційні транзакції приховують суми переказів через гомоморфне шифрування. Механізми управління оновленнями формують важливий аспект класифікації блокчейнів. Хард-форки передбачають повну зміну протоколу з втратою сумісності. Софт-форки забезпечують зворотну сумісність через поступове впровадження змін. Параметричні оновлення дозволяють

модифікувати налаштування мережі без зміни базового протоколу. Міжблокчейн взаємодія реалізується через різні технологічні рішення. Атомарні свопи забезпечують безпечний обмін активами між блокчейнами. Крос-чейн мости дозволяють передавати токени та дані. Федеративні протоколи створюють єдиний простір для взаємодії різних мереж. Спеціалізація блокчейн-платформ відображає орієнтацію на конкретні сфери застосування. Фінансові блокчейни оптимізовані для платежів та управління активами. Промислові системи забезпечують простежуваність ланцюгів поставок. Інфраструктурні платформи надають базові сервіси для створення децентралізованих додатків.

1.4. Роль блокчейну в децентралізації фінансових систем

Технологія блокчейн створила фундаментальні передумови для трансформації глобальної фінансової системи через впровадження децентралізованих механізмів управління та обміну цінностями. Традиційна фінансова архітектура, побудована на централізованих інститутах та довірених посередниках, поступово доповнюється новими формами взаємодії учасників ринку на основі криптографічних протоколів та смарт-контрактів [32].

Децентралізовані фінанси (DeFi) представляють нову парадигму надання фінансових послуг, яка базується на відкритих протоколах та автоматизованих механізмах виконання угод. Смарт-контракти забезпечують прозорі та незмінні правила взаємодії, що дозволяє учасникам здійснювати операції без залучення традиційних фінансових посередників. Автоматизація процесів суттєво знижує операційні витрати та розширює доступність фінансових інструментів для широкого кола користувачів [41].

Протоколи кредитування на основі блокчейну створюють нові можливості для ефективного розподілу капіталу. Алгоритмічні моделі оцінки кредитоспроможності використовують on-chain дані для аналізу ризиків. Смарт-контракти автоматично регулюють процентні ставки на основі попиту

та пропозиції ліквідності. Механізми забезпечення кредитів криптоактивами знижують ризики дефолту та дозволяють реалізувати миттєву ліквідацію застави при порушенні умов [35].

Децентралізовані біржі забезпечують можливість атомарного обміну активами без необхідності довіряти зберігання коштів третій стороні, що значно підвищує безпеку користувачів. Серед основних механізмів децентралізованих фінансових сервісів виділяють Automated Market Makers, які забезпечують постійну ліквідність через пули токенів з алгоритмічним ціноутворенням, а також Order book DEX, що реалізують традиційний механізм співставлення ордерів у децентралізованому форматі. Крім того, крос-чейн мости розширюють можливості для торгівлі активами між різними блокчейн-мережами, забезпечуючи більшу інтеграцію в екосистемі блокчейн [38]. У таблиці подано порівняння традиційних та децентралізованих фінансових сервісів, що ілюструє їхні ключові відмінності (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Порівняння традиційних та децентралізованих фінансових сервісів

Характеристика	Традиційні фінанси	Децентралізовані фінанси
Контроль активів	Зберігання у посередника	Самостійне зберігання
Виконання операцій	Ручна обробка	Автоматизація через смарт-контракти
Доступність	Обмежена графіком роботи	Цілодобова доступність
Вимоги до користувачів	KYC/AML перевірки	Псевдонімність
Швидкість розрахунків	Дні/тижні	Миттєві розрахунки

Джерело: складено автором за [12;14]

Деривативні протоколи розширюють можливості управління ризиками через створення синтетичних активів та інструментів хеджування. Перпетуальні ф'ючерси забезпечують торгівлю з левериджем без дати експірації. Опціонні протоколи дозволяють створювати складні стратегії управління позиціями. Синтетичні активи відстежують вартість реальних інструментів через децентралізовані механізми ціноутворення. Протоколи страхування на блокчейні представляють інноваційний підхід до управління ризиками в децентралізованих фінансових системах. Фундаментальна

відмінність від традиційних страхових продуктів полягає у використанні смарт-контрактів для автоматизації всіх етапів страхового процесу – від андеррайтингу до врегулювання страхових випадків [37].

Пули ліквідності формують основу децентралізованого страхування через механізми стейкінгу токенів. Учасники страхового пулу надають ліквідність для покриття потенційних виплат та отримують винагороду у вигляді страхових премій та доходу від інвестування зарезервованих коштів. Динамічне ціноутворення страхових полісів базується на співвідношенні доступної ліквідності та прийнятих зобов'язань [39].

Параметричне страхування забезпечує автоматичні виплати при настанні визначених подій без необхідності ручної обробки претензій. Oracle системи надають верифіковані дані про страхові випадки, такі як збої смарт-контрактів, хакерські атаки або відхилення ринкових параметрів від встановлених меж. Смарт-контракти автоматично ініціюють виплати при отриманні відповідних тригерних сигналів. Механізми перестрахування в децентралізованих протоколах дозволяють ефективно розподіляти великі ризики між множиною учасників. Синдикати перестрахування формуються через токенізовані частки участі у страхових пулах. Автоматичні механізми балансування забезпечують оптимальний розподіл ризиків між різними пулами відповідно до їх ємності та апетиту до ризику. Токенізація страхових полісів створює передумови для формування ліквідного вторинного ринку страхового покриття. Страхові токени можуть вільно торгуватися на децентралізованих біржах, що дозволяє ефективно перерозподіляти ризики між учасниками ринку. Автоматичні механізми ціноутворення враховують залишковий термін дії покриття та зміни профілю ризиків. Децентралізовані системи управління активами реалізують принципово нові підходи до формування та реалізації інвестиційних стратегій. Автоматизація процесів управління портфелем через смарт-контракти знижує операційні витрати та мінімізує людський фактор. Прозорість всіх операцій на блокчейні забезпечує повний аудиторський слід та можливість верифікації результатів управління. Індексні протоколи забезпечують простий спосіб

отримання диверсифікованої експозиції на криптоактиви через автоматично ребалансовані портфелі. Методології індексів базуються на різних критеріях відбору активів – від ринкової капіталізації до фундаментальних метрик використання протоколів. Смарт-контракти автоматично підтримують цільові ваги активів через періодичне ребалансування [36].

Yield farming оптимізує дохідність інвестицій через автоматичне переміщення ліквідності між різними DeFi протоколами. Алгоритми моніторять можливості отримання додаткового доходу через комбінування різних джерел прибутковості – кредитування, надання ліквідності, стейкінг, фармінг governance токенів. Автоматизовані стратегії враховують транзакційні витрати та ризики при виборі оптимальних протоколів. Vault стратегії реалізують складні інвестиційні підходи через композицію різних DeFi сервісів в єдину автоматизовану систему управління активами. Смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання інвестиційної стратегії відповідно до встановлених параметрів ризику та дохідності. Модульна архітектура дозволяє гнучко комбінувати різні DeFi примітиви для створення унікальних інвестиційних продуктів [38].

Управління ризиками в децентралізованих системах управління активами реалізується через багаторівневу систему контролю та моніторингу. Автоматичні тригери забезпечують закриття позицій при досягненні встановлених рівнів втрат. Диверсифікація між різними протоколами та типами активів знижує специфічні ризики окремих інструментів. Механізми emergency shutdown захищають кошти користувачів при виявленні критичних вразливостей. Інтеграція з традиційними фінансовими інструментами розширює можливості децентралізованих систем управління активами. Токенізація реальних активів дозволяє включати в портфелі традиційні інструменти через їх цифрові представлення на блокчейні. Синтетичні активи забезпечують експозицію на будь-які базові активи через механізми оракулів та деривативів. Соціальні аспекти децентралізованого управління активами проявляються через механізми копіювання стратегій успішних трейдерів та

агрегації інвестиційних сигналів спільноти. Системи репутації дозволяють оцінювати ефективність різних стратегій та менеджерів. Механізми розподілу винагороди мотивують створення та поширення успішних інвестиційних підходів. Регуляторні аспекти децентралізованих фінансових послуг потребують розробки нових підходів до нагляду та контролю. Механізми вбудованого комплаєнсу дозволяють автоматично забезпечувати відповідність операцій регуляторним вимогам. Прозорість блокчейну спрощує процеси аудиту та моніторингу ризиків. Розвиток правової бази створює передумови для інституційного впровадження DeFi інструментів.

Майбутнє децентралізованих систем управління активами пов'язане з постійним розвитком технологій та розширенням їхніх функціональних можливостей. Інтеграція штучного інтелекту дозволить реалізовувати більш складні інвестиційні стратегії, що збільшить потенціал систем у створенні додаткової вартості для користувачів. Удосконалення механізмів крос-чейн взаємодії сприятиме розширенню універсуму доступних активів, що забезпечить ширший вибір для інвесторів. Подальший розвиток інфраструктури підвищить надійність та масштабованість рішень, дозволяючи DeFi платформам обслуговувати дедалі більшу кількість користувачів без зниження ефективності роботи системи [42]. На рисунку подано ринкові показники основних категорій DeFi протоколів, що ілюструють їхню поточну ринкову динаміку та потенціал для зростання (рис. 1.1).

Стейблкоїни забезпечують стабільну одиницю розрахунку для DeFi операцій через різні механізми прив'язки до фіатних валют. Централізовані стейблкоїни підтримуються реальними резервами. Алгоритмічні стейблкоїни використовують автоматичні механізми регулювання пропозиції. Гібридні моделі поєднують забезпечення активами з алгоритмічною стабілізацією [42].

Yield протоколи оптимізують дохідність через автоматичне переміщення ліквідності між різними DeFi сервісами. Агрегатори ліквідності забезпечують найкращі ціни виконання через розподіл великих ордерів. Flash loan механізми дозволяють використовувати необмежену ліквідність в межах однієї транзакції.

Композиція протоколів створює складні фінансові інструменти з унікальними характеристиками. Механізми управління в DeFi реалізуються через токенозовані права голосу та автоматичне виконання прийнятих рішень. Governance tokens надають можливість впливати на параметри протоколів. Автоматичні пропозиції оптимізують параметри на основі on-chain метрик. Делеговане голосування дозволяє ефективно агрегувати преференції учасників [40].

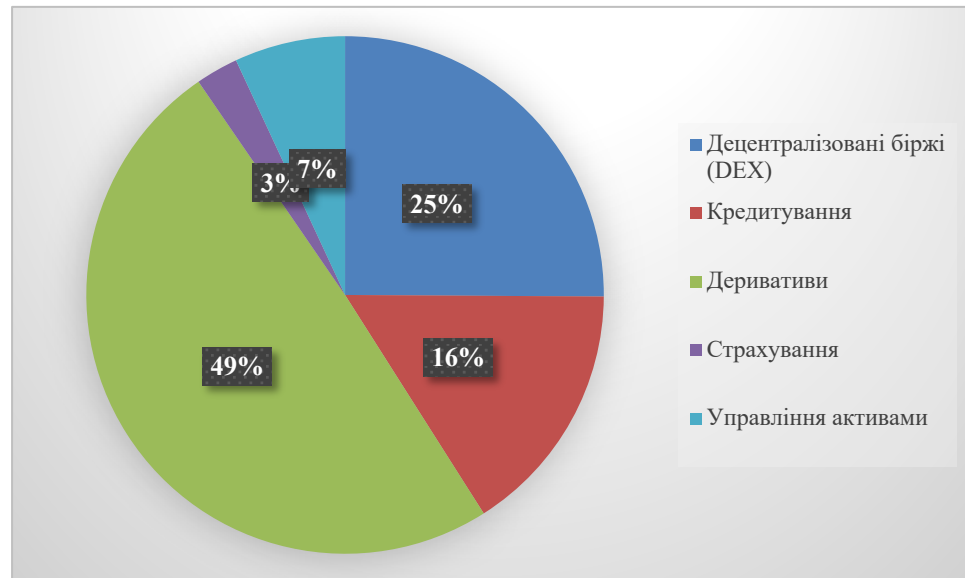


Рис 1.1. Ринкові показники основних категорій DeFi протоколів

Джерело: складено автором за [41;54]

Безпека децентралізованих фінансових систем (DeFi) становить комплексну проблему, яка вимагає багаторівневого підходу до захисту активів та операцій користувачів. Архітектура безпеки DeFi протоколів базується на поєднанні криптографічних механізмів, економічних стимулів та технічних засобів захисту від різноманітних типів. Формальна верифікація смарт-контрактів виступає фундаментальним елементом забезпечення безпеки DeFi протоколів. Математичні методи доведення коректності програм дозволяють виявляти потенційні вразливості на етапі розробки. Автоматизовані інструменти верифікації аналізують можливі сценарії виконання коду та перевіряють відповідність специфікації. Symbolic execution дозволяє

змодельовати всі можливі шляхи виконання смарт-контракту для виявлення критичних помилок [39].

Bug bounty програми створюють економічні стимули для незалежних дослідників безпеки щодо виявлення та відповідального розкриття вразливостей. Розмір винагород зазвичай корелює з потенційним впливом знайдених проблем на безпеку протоколу. Багаторівнева система класифікації вразливостей дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів на усунення виявлених недоліків. Публічні звіти про виправлені проблеми підвищують прозорість процесів забезпечення безпеки. Страхування смарт-контрактів забезпечує компенсацію збитків користувачів у випадку технічних інцидентів. Децентралізовані страхові протоколи формують пули ліквідності для покриття ризиків через механізми стейкінгу токенів. Параметричне страхування автоматично активує виплати при виявленні визначених типів атак або збоїв. Перестрахування розподіляє великі ризики між множиною учасників страхового пулу [38].

Економічна безпека DeFi протоколів забезпечується через механізми стейкінгу та ліквідаційні процедури. Вимоги до забезпечення позицій визначаються на основі історичної волатильності активів та ринкових ризиків. Автоматичні ліквідації захищають систему від неплатоспроможності позичальників. Механізми emergency shutdown дозволяють призупинити операції при виявленні критичних вразливостей [40]. Моніторинг та аудит транзакцій забезпечують виявлення підозрілої активності та потенційних атак. On-chain аналітика відстежує аномальні патерни використання протоколів. Механізми виявлення фронтраннінгу та маніпуляцій захищають користувачів від недобросовісних учасників. Transparency reports надають регулярні звіти про стан безпеки системи. Інтеграція DeFi з традиційними фінансовими сервісами створює нові виклики для регуляторів та учасників ринку. Необхідність забезпечення compliance з AML/KYC вимогами при збереженні переваг децентралізації потребує розробки інноваційних підходів. Використання zero-knowledge proofs дозволяє верифікувати користувачів без

розкриття персональних даних. Смарт-контракти можуть автоматично забезпечувати дотримання регуляторних обмежень. Токенізація реальних активів відкриває нові можливості для створення гібридних фінансових інструментів. Правові механізми забезпечення прав власності на токенізовані активи потребують гармонізації з існуючим регулюванням. Стандартизація процедур токенізації та вимог до емітентів підвищує надійність та ліквідність цифрових активів. Інтеграція з традиційними системами обліку прав власності розширює сферу застосування токенізованих інструментів [36].

Управління ризиками в DeFi вимагає комплексного підходу до оцінки та моніторингу різних типів загроз. Smart contract risk оцінює надійність програмного коду та потенційні вразливості. Oracle risk враховує можливі збої в системах отримання зовнішніх даних. Economic risk аналізує стабільність механізмів стимулювання та потенційні вектори атак. Regulatory risk відстежує відповідність протоколів регуляторним вимогам. Розвиток інфраструктури безпеки DeFi включає створення спеціалізованих сервісів та інструментів. Security auditors проводять комплексний аналіз смарт-контрактів та архітектури протоколів. Insurance providers забезпечують покриття різних типів ризиків. Monitoring solutions відстежують підозрілу активність та потенційні загрози [38].

Стандартизація процедур безпеки та best practices підвищує надійність DeFi екосистеми. Security frameworks визначають мінімальні вимоги до захисту протоколів. Incident response procedures регламентують дії при виявленні вразливостей. Threat modeling допомагає ідентифікувати потенційні вектори атак на етапі проектування [40].

Навчання користувачів щодо безпечної роботи з DeFi сервісами знижує ризики людського фактору. Security guidelines надають рекомендації щодо управління ключами та проведення операцій. Awareness programs підвищують розуміння потенційних загроз та методів захисту. Community-driven security initiatives залучають користувачів до виявлення та усунення проблем безпеки. Регуляторний нагляд за DeFi сектором розвивається в напрямку балансування

інновацій та захисту користувачів. Risk-based supervision фокусується на системно важливих протоколах та потенційних загрозах стабільності. Regulatory sandboxes дозволяють тестувати нові бізнес-моделі в контрольованому середовищі. International cooperation забезпечує гармонізацію підходів різних юрисдикцій. Розвиток технологій безпеки DeFi продовжується в напрямку підвищення надійності та масштабованості рішень. Formal verification tools автоматизують процеси перевірки смарт-контрактів. Privacy-preserving protocols забезпечують конфіденційність транзакцій при збереженні можливості аудиту. Cross-chain security механізми захищають операції між різними блокчейн-мережами [39].

Інтеграція традиційних та децентралізованих фінансів створює нові можливості для розвитку фінансових сервісів. Hybrid protocols поєднують переваги обох підходів через регульовані шлюзи. Institutional adoption розширює доступність DeFi інструментів для професійних учасників ринку. Market infrastructure розвивається для підтримки зростаючих обсягів операцій [36].

Майбутнє DeFi безпеки пов'язане з розвитком інноваційних механізмів захисту та управління ризиками. Quantum-resistant cryptography забезпечить стійкість до атак з використанням квантових комп'ютерів. AI-powered security systems автоматизують виявлення та реагування на загрози. Decentralized identity solutions спростять процеси верифікації користувачів при збереженні приватності.

РОЗДІЛ 2.

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙН– ТЕХНОЛОГІЙ У ФІНАНСАХ

2.1. Блокчейн як перспективна технологія у банківській сфері

Впровадження блокчейн–технологій у банківському секторі знаменує фундаментальну трансформацію традиційних бізнес–моделей та операційних процесів фінансових установ. Банківська індустрія, яка історично виступала консервативним сегментом економіки з усталеними процедурами та регламентами, активно досліджує та впроваджує інноваційні рішення на основі розподілених реєстрів для підвищення ефективності, безпеки та прозорості операцій. Провідні фінансові установи світу інвестують значні ресурси в розробку та тестування блокчейн–платформ, які мають потенціал революціонізувати ключові напрямки банківської діяльності – від платежів та розрахунків до кредитування та управління активами [43].

Міжнародні платежі та транскордонні перекази представляють одну з найбільш перспективних сфер застосування блокчейну в банківському секторі. Традиційна система кореспондентських відносин та SWIFT–повідомлень, яка домінує в міжнародних розрахунках протягом десятиліть, характеризується високими комісіями, тривалим часом проведення операцій та непрозорістю статусу платежів. Блокчейн–платформи для міжнародних переказів, такі як Ripple та JPM Coin, забезпечують майже миттєве проведення транзакцій з мінімальними комісіями та повною прозорістю всіх етапів платежу. Використання цифрових активів як проміжного інструменту для конвертації валют дозволяє оптимізувати управління ліквідністю та знизити витрати на передпоставочне фінансування. Торгове фінансування та документарні операції отримують значні переваги від впровадження блокчейн–технологій через можливість цифровізації та автоматизації складних багатосторонніх процесів. Смарт–контракти забезпечують автоматичне виконання умов акредитивів та

гарантій на основі верифікованих даних про відвантаження товарів, страхування та інші комерційні документи. Розподілений реєстр забезпечує єдине джерело достовірної інформації для всіх учасників угоди – банків, експортерів, імпортерів, перевізників, страхових компаній. Автоматизація процесів суттєво знижує операційні витрати та ризики шахрайства при збереженні високого рівня контролю за виконанням зобов'язань сторін [38].

Кредитні операції банків трансформуються через впровадження блокчейн-платформ для оцінки кредитоспроможності, структурування позик та управління заставним майном. Смарт-контракти автоматизують процеси видачі кредитів та обслуговування заборгованості відповідно до встановлених параметрів та тригерів. Токенізація заставних активів створює ліквідний вторинний ринок та спрощує процеси реалізації забезпечення. Розподілений реєстр забезпечує прозорий облік прав власності та обтяжень, що знижує ризики подвійного залогу та шахрайства з документами. Автоматизація процесів андеррайтингу на основі аналізу даних блокчейну дозволяє оптимізувати оцінку ризиків та прийняття кредитних рішень. Know Your Customer (KYC) та протидія відмиванню коштів отримують нові можливості через використання блокчейну як єдиного джерела верифікованих даних про клієнтів та транзакції. Розподілений реєстр ідентифікаційних даних дозволяє банкам безпечно обмінюватися інформацією про клієнтів при збереженні контролю за доступом до персональних даних. Смарт-контракти автоматизують процеси перевірки транзакцій на відповідність регуляторним вимогам. Прозорість блокчейну спрощує виявлення підозрілих операцій та розслідування випадків шахрайства. Автоматизація процесів комплаєнс знижує операційні витрати банків при підвищенні ефективності контролю [37].

Випуск та обіг цифрових активів на блокчейні створює нові можливості для банків у сфері управління ліквідністю та інвестиційного банкінгу. Токенізація традиційних фінансових інструментів – акцій, облігацій, деривативів – забезпечує можливість їх ефективного обігу на вторинному ринку. Смарт-контракти автоматизують корпоративні дії та виплати доходу за

цінними паперами. Інтеграція з децентралізованими фінансовими протоколами розширює спектр інвестиційних можливостей для клієнтів банків [40].

Облік та звітність банківських операцій зазнають фундаментальної трансформації завдяки впровадженню блокчейн-технології, яка створює єдине джерело достовірних даних про всі транзакції. Розподілений реєстр формує принципово нову парадигму організації облікових процесів, що базується на автоматичній синхронізації інформації між усіма учасниками фінансової системи при збереженні високого рівня безпеки та конфіденційності даних [39].

Автоматизація облікових процесів через смарт-контракти забезпечує точність і своєчасність відображення операцій у системі бухгалтерського обліку. Алгоритми автоматично класифікують транзакції відповідно до встановлених правил і стандартів обліку. Механізми перевірки та валідації даних знижують ризики помилок при формуванні проводок і звітності. Інтеграція з системами внутрішнього контролю забезпечує додатковий рівень верифікації облікової інформації. Формування звітності на основі блокчейн-даних суттєво спрощує процеси агрегації та консолідації інформації. Смарт-контракти автоматично збирають необхідні дані з розподіленого реєстру та формують звіти відповідно до встановлених форматів і вимог регуляторів. Механізми аудиторського сліду забезпечують можливість перевірки коректності розрахунків і відповідності звітності первинним даним. Проведення аудиту банківських операцій трансформується через можливість безпосереднього доступу до повної історії транзакцій у блокчейні. Автоматизовані інструменти аналізу даних дозволяють ефективно виявляти аномалії та потенційні порушення. Смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання контрольних процедур і формування аудиторських доказів. Розподілений характер зберігання даних у блокчейні створює додаткові механізми забезпечення цілісності та достовірності облікової інформації. Неможливість несанкціонованої модифікації раніше записаних транзакцій гарантує незмінність історичних даних. Криптографічні механізми захисту забезпечують автентичність і конфіденційність облікових записів [40].

Синхронізація даних між учасниками фінансової системи через блокчейн дозволяє уникнути розбіжностей у відображенні операцій різними сторонами. Автоматичне узгодження залишків і оборотів знижує потребу в ручних звірках. Механізми консенсусу забезпечують єдине бачення статусу транзакцій всіма учасниками. Регуляторна звітність на основі блокчейн-даних забезпечує високий рівень прозорості при збереженні конфіденційності комерційної інформації. Смарт-контракти автоматично агрегують необхідні дані та формують звіти відповідно до вимог наглядових органів. Механізми селективного розкриття дозволяють надавати регуляторам доступ лише до релевантної інформації [42]. Облік міжбанківських операцій через блокчейн забезпечує миттєву синхронізацію даних між контрагентами. Смарт-контракти автоматично відображають проведення платежів у облікових системах всіх учасників. Механізми звірки залишків на коррахунках знижують операційні ризики та витрати на reconciliation [36].

Управлінський облік трансформується через можливість отримання даних про операції в режимі реального часу. Автоматизовані інструменти аналітики дозволяють формувати детальні звіти про рух коштів і фінансові результати. Інтеграція з системами бюджетування забезпечує ефективний контроль виконання планів. Облік активів і зобов'язань на блокчейні забезпечує прозорий механізм підтвердження прав власності та обтяжень. Смарт-контракти автоматично відстежують зміни в структурі активів і зобов'язань. Механізми токенизації спрощують облік складних фінансових інструментів [41].

Податковий облік на основі блокчейн-даних забезпечує автоматичне формування податкової звітності. Смарт-контракти розраховують податкові зобов'язання відповідно до встановлених правил. Механізми верифікації гарантують достовірність податкової інформації. Внутрішній контроль банківських операцій посилюється через автоматизацію контрольних процедур на основі смарт-контрактів. Механізми моніторингу транзакцій в реальному часі дозволяють оперативно виявляти відхилення від встановлених лімітів і

правил. Інтеграція з системами комплаєнс забезпечує ефективний контроль дотримання регуляторних вимог [35].

Облік операцій з цінними паперами трансформується через токенизацію фінансових інструментів на блокчейні. Смарт-контракти автоматично відображають зміни прав власності та нарахування доходів. Механізми корпоративних дій забезпечують коректне відображення дивідендів, купонів та інших виплат. Консолідована звітність банківських груп спрощується через єдиний механізм синхронізації даних на блокчейні. Автоматична елімінація внутрішньогрупових операцій знижує ризики помилок при консолідації. Механізми контролю забезпечують коректність розрахунку консолідованих показників [37].

Облік позабалансових операцій на блокчейні забезпечує прозорий механізм відстеження умовних зобов'язань і вимог. Смарт-контракти автоматично відображають зміни в структурі позабалансових позицій. Механізми оцінки ризиків дозволяють ефективно контролювати потенційні зобов'язання. Архівне зберігання облікової інформації в блокчейні забезпечує надійний механізм довгострокового збереження даних. Розподілений характер зберігання підвищує надійність архіву. Механізми пошуку дозволяють швидко знаходити історичні дані. Трансформація облікових процесів через впровадження блокчейну створює нові виклики для банків у сфері організації бухгалтерського обліку та внутрішнього контролю. Необхідна адаптація облікових політик і процедур до особливостей роботи з розподіленим реєстром. Важлива розробка нових підходів до забезпечення конфіденційності комерційної інформації при збереженні прозорості для регуляторів. Розвиток технологій обліку на основі блокчейну продовжується в напрямку підвищення ефективності та масштабованості рішень. Удосконалюються механізми обробки великих обсягів транзакцій і формування звітності. Розробляються нові інструменти аналітики для роботи з блокчейн-даними [41].

Управління ризиками в банківській діяльності отримує нові інструменти через використання блокчейну для моніторингу та контролю операцій.

Розподілений реєстр забезпечує повний аудиторський слід всіх транзакцій та змін у правах власності на активи. Смарт-контракти автоматизують процеси оцінки та хеджування ризиків. Прозорість блокчейну дозволяє ефективно відстежувати концентрацію ризиків та дотримання лімітів [42].

Міжбанківський ринок та операції на фінансових ринках трансформуються через впровадження блокчейн-платформ для торгівлі активами та управління ліквідністю. Автоматичне виконання угод через смарт-контракти знижує операційні ризики та витрати на клірингові процедури. Токенізація активів спрощує процеси маржування та управління заставою. Прозорість ціноутворення підвищує ефективність ринкових механізмів [36].

2.2. Криптовалюти як новий фінансовий інструмент

Криптовалюти представляють собою революційний феномен у світі фінансів, який докорінно трансформує традиційні уявлення про природу грошей та фінансових активів. Поява Bitcoin у 2009 році заклала основу для розвитку принципово нового класу цифрових активів, функціонування яких базується на криптографічних протоколах і технології розподіленого реєстру. Протягом понад десятиліття розвитку криптовалютний ринок пройшов шлях від нішевого експерименту до глобальної фінансової екосистеми, яка на сьогодні охоплює сотні мільярдів доларів капіталізації [35]. У таблиці наведено інформацію про топ-10 криптовалют за ринковою капіталізацією станом на 2024 рік, що ілюструє масштаб і вплив цих активів у сучасному фінансовому середовищі (табл. 2.1).

Фундаментальною характеристикою криптовалют виступає децентралізований характер емісії та обігу, що виключає необхідність довіреного посередника у вигляді центрального банку чи фінансової установи. Механізми консенсусу забезпечують досягнення угоди між учасниками мережі щодо валідності транзакцій та стану системи. Proof of Work, Proof of Stake та

інші алгоритми консенсусу створюють економічні стимули для підтримки безпеки та стабільності мережі [38].

Таблиця 2.1 – Топ–10 криптовалют за ринковою капіталізацією станом на 2024 рік

Назва	Тікер	Капіталізація (млрд \$)	Ціна (\$)	Обсяг 24h (млрд \$)
Bitcoin	BTC	814.5	41,650	18.2
Ethereum	ETH	276.8	2,305	8.5
Tether	USDT	95.1	1.00	42.3
BNB	BNB	43.2	280	1.1
Solana	SOL	41.8	98	3.2
XRP	XRP	31.5	0.59	1.4
USDC	USDC	25.1	1.00	3.8
Cardano	ADA	21.3	0.61	0.9
Avalanche	AVAX	19.8	56	1.2
Dogecoin	DOGE	13.2	0.09	0.7

Джерело: складено автором за [26]

Технологічною основою функціонування криптовалют виступає блокчейн – розподілений реєстр транзакцій, який забезпечує прозорість та незмінність історії операцій. Криптографічні механізми гарантують автентичність транзакцій та захист від подвійних витрат. Відкритий програмний код дозволяє будь-кому перевірити коректність роботи системи. Механізми масштабування через рішення другого рівня розширюють можливості обробки транзакцій [41].

Технологічною основою функціонування криптовалют виступає блокчейн – розподілений реєстр транзакцій, який забезпечує прозорість і незмінність історії операцій. Завдяки криптографічним механізмам гарантується автентичність кожної транзакції та захист від подвійних витрат, що підвищує довіру до системи. Відкритий програмний код дозволяє будь-якому користувачеві перевірити коректність функціонування криптовалюти, створюючи додатковий рівень прозорості. Для підвищення продуктивності та розширення обробки транзакцій впроваджуються механізми масштабування через рішення другого рівня [41]. У таблиці подано порівняльну характеристику основних типів криптовалют, що розкриває їхні ключові функціональні відмінності (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика основних типів криптовалют

Характеристика	Payment Coins	Platform Coins	Stablecoins	DeFi Tokens
Призначення	Платежі	Смарт–контракти	Стабільна вартість	DeFi сервіси
Емісія	Обмежена	Інфляційна	Забезпечена	Алгоритмічна
Консенсус	PoW/PoS	PoS/DPoS	–	–
Волатильність	Висока	Середня	Низька	Висока
Ліквідність	Висока	Середня	Висока	Середня

Джерело: складено автором за [14;26]

Економічна природа криптовалют формується на перетині декількох фундаментальних характеристик, які роблять їх унікальним фінансовим феноменом сучасності. Bitcoin, створений як перша криптовалюта, реалізував концепцію цифрових грошей з фіксованою емісією – максимальна кількість монет обмежена 21 мільйоном, з яких станом на 2024 рік видобуто близько 19,5 мільйонів. Алгоритмічно запрограмоване зниження швидкості емісії через механізм халвінгу кожні чотири роки створює передбачуваний дефляційний тренд, який контрастує з інфляційною природою фіатних валют [11].

Монетарна політика більшості криптовалют базується на математичних алгоритмах, які виключають можливість довільної зміни правил емісії. Ethereum, друга за капіталізацією криптовалюта, після переходу на Proof of Stake демонструє дефляційну динаміку завдяки механізму спалювання частини транзакційних комісій. Binance Coin реалізує квартальне спалювання токенів, яке триватиме до досягнення загальної пропозиції в 100 мільйонів монет. Така монетарна модель створює довгострокові стимули для накопичення криптовалют як засобу збереження вартості. Ліквідність криптовалютного ринку забезпечується глобальною інфраструктурою централізованих та децентралізованих бірж, які працюють цілодобово без вихідних. Щоденний обсяг торгів на спотовому ринку перевищує 50 мільярдів доларів, а сумарний обсяг деривативного ринку досягає 200 мільярдів доларів. Висока волатильність та відсутність обмежень на внутрішньоденні коливання цін

створюють привабливі можливості для спекулятивної торгівлі. Алгоритмічні трейдери та маркет-мейкери забезпечують ефективне ціноутворення та можливість виконання великих ордерів з мінімальним впливом на ринок [16].

Технологічна складова криптовалют реалізується через смарт-контракти, які дозволяють створювати програмовані фінансові інструменти. Ethereum став платформою для розвитку децентралізованих фінансів (DeFi), де смарт-контракти автоматизують процеси кредитування, торгівлі, страхування. Compound protocol реалізує алгоритмічне визначення процентних ставок на основі попиту та пропозиції ліквідності. Uniswap забезпечує автоматичне маркет-мейкерство через пули ліквідності. Aave впроваджує флеш-кредити, які дозволяють отримати необмежену ліквідність у межах однієї транзакції [15].

Розвиток крос-чейн технологій розширює можливості взаємодії різних криптовалютних платформ. Polkadot створює екосистему взаємопов'язаних блокчейнів з можливістю передачі будь-яких активів та даних. Cosmos реалізує міжблокчейн комунікацію через протокол IBC. Механізми атомарних свопів дозволяють проводити децентралізований обмін активами між різними блокчейнами без довірених посередників. Токенізація розширює сферу застосування криптовалют на традиційні фінансові активи. Стейблкоїни, забезпечені фіатними валютами, створюють міст між криптовалютним та традиційним фінансовими світами. Synthetix дозволяє створювати синтетичні активи, які відстежують вартість акцій, товарів, індексів. Mirror Protocol токенизує реальні акції через смарт-контракти. Розвиток Security Token Offering (STO) створює регульований механізм випуску цифрових цінних паперів. NFT (невзаємозамінні токени) відкривають нові можливості для токенизації унікальних активів – цифрового мистецтва, колекційних предметів, віртуальної нерухомості. Ринок NFT демонструє експоненціальне зростання з обсягом торгів, який перевищив 40 мільярдів доларів у 2023 році. Розвиток метавсесвіту створює додатковий попит на NFT як механізм підтвердження прав власності на віртуальні активи. Governance токени реалізують механізми децентралізованого управління протоколами через розподіл прав голосування

між учасниками спільноти. MakerDAO використовує токен MKR для прийняття рішень щодо параметрів стейблкоїну DAI. Uniswap надає власникам токена UNI право голосувати за зміни в протоколі та розподіл комісійних доходів. Модель децентралізованих автономних організацій (DAO) створює нову парадигму корпоративного управління. Інтеграція з традиційними фінансовими інструментами розширюється через розвиток регульованих криптовалютних деривативів. Ф'ючерси та опціони на Bitcoin та Ethereum торгуються на провідних деривативних біржах. ETF на криптовалюти надають інституційним інвесторам регульований механізм доступу до ринку. Розвиток прайм-брокерських послуг та кастодіальних рішень створює інфраструктуру для професійних учасників ринку [12].

Розвиток інфраструктури криптовалютного ринку включає біржі, обмінники, платіжні системи, кастодіальні сервіси та інші елементи екосистеми. Регульовані майданчики забезпечують інституційним інвесторам доступ до ринку через традиційні фінансові інструменти – ф'ючерси, ETF, структуровані продукти. Розвиток DeFi створює децентралізовані альтернативи традиційним фінансовим сервісам [40].

Волатильність криптовалют залишається одним з основних викликів для їх широкого впровадження як платіжного засобу. Стейблкоїни – криптовалюти з прив'язкою до фіатних валют або інших стабільних активів – створюють міст між традиційною та криптовалютною фінансовими системами. Механізми забезпечення стабільності включають підтримку реальними резервами, алгоритмічну емісію та гібридні моделі [42].

Регулювання криптовалютного ринку еволюціонує від повної відсутності нагляду до формування комплексної системи правил та вимог для учасників індустрії. Глобальний характер криптовалют створює необхідність міжнародної координації регуляторних зусиль для ефективного контролю та запобігання регуляторному арбітражу. Формування збалансованого підходу до регулювання вимагає врахування інноваційного потенціалу технології при забезпеченні захисту інвесторів та фінансової стабільності. Ліцензування діяльності

криптовалютних компаній стає стандартною вимогою в більшості юрисдикцій. Біржі, кастодіальні сервіси, провайдери гаманців повинні отримувати спеціальні ліцензії та дотримуватися пруденційних вимог щодо капіталу, управління ризиками, кібербезпеки. Процедури «знай свого клієнта» (KYC) та протидії відмиванню коштів (AML) стають обов'язковими для регульованих учасників ринку. Вимоги до захисту коштів клієнтів включають сегрегацію активів, страхування, регулярний аудит [39].

Протидія використанню криптовалют для нелегальної діяльності потребує розвитку інструментів моніторингу та аналізу транзакцій. Спеціалізовані компанії надають послуги з відстеження підозрілих операцій та ідентифікації зв'язків з кримінальною активністю. Міжнародне співробітництво правоохоронних органів посилюється для ефективної протидії транскордонним злочинам з використанням криптовалют. Розвиток регуляторних технологій (RegTech) автоматизує процеси комплаєнс та моніторингу [41].

Захист прав споживачів на криптовалютному ринку є важливим аспектом регуляторної політики, яка охоплює вимоги до розкриття інформації про ризики, пов'язані з інвестуванням у криптоактиви, регулювання рекламних практик та механізми вирішення спорів між споживачами та криптовалютними компаніями. Регулятори у різних юрисдикціях приділяють значну увагу забезпеченню прозорості та розвитку механізмів компенсації втрат інвесторів у випадку банкрутства криптовалютних компаній. Також посилюються вимоги до кібербезпеки та захисту персональних даних користувачів, що сприяє підвищенню рівня довіри до криптовалютного ринку [38]. У таблиці подано огляд регуляторних підходів до криптовалют у різних юрисдикціях, який демонструє варіативність правового статусу, ліцензування та оподаткування у різних країнах (табл. 2.3).

Інтеграція криптовалют у традиційну фінансову систему відбувається через розвиток інфраструктури та сервісів, що поєднують два світи.

Таблиця 2.3 – Регуляторні підходи до криптовалют у різних юрисдикціях

Юрисдикція	Правовий статус	Ліцензування	Оподаткування
США	Цифровий товар/цінний папір	Обов'язкове	Оподатковується як власність
ЄС	Віртуальний актив	МіСА регулювання	Різні підходи країн
Японія	Платіжний засіб	Обов'язкове	Оподатковується як власність
Сінгапур	Цифровий токен	Обов'язкове	Звільнено від ПДВ
Швейцарія	Платіжний токен	Обов'язкове	Звільнено від ПДВ

Джерело: складено автором

Регульовані криптовалютні біржі забезпечують інституційним інвесторам доступ до ринку через звичні торгові інтерфейси та інструменти управління ризиками. Кастодіальні рішення від довірених фінансових установ знижують операційні ризики зберігання криптоактивів. Платіжні системи впроваджують підтримку криптовалютних транзакцій [40].

Банківський сектор поступово розширює спектр послуг, пов'язаних з криптовалютами. Провідні банки запускають послуги з купівлі, продажу та зберігання криптоактивів для роздрібних та інституційних клієнтів. Розвивається кредитування під заставу криптовалют. Банки досліджують можливості використання технології блокчейн для оптимізації внутрішніх процесів та створення нових продуктів [37].

Корпоративний сектор виявляє зростаючий інтерес до криптовалют як інструменту диверсифікації резервів та хеджування інфляційних ризиків. Публічні компанії включають Bitcoin та інші криптоактиви до балансу як альтернативний засіб збереження вартості. Розвиваються корпоративні рішення для безпечного зберігання та управління криптовалютними активами. Формуються стандарти обліку та звітності для операцій з криптовалютами [42].

Центральні банки активно досліджують можливості випуску власних цифрових валют (CBDC) у відповідь на розвиток приватних криптовалют, що може мати значний вплив на монетарну політику, фінансову стабільність та платіжну систему. Різні моделі CBDC розглядаються для оцінки їхньої здатності інтегруватися у вже існуючу фінансову інфраструктуру, враховуючи специфіку кожної країни. Пілотні проекти тестують різні технічні рішення та оцінюють практичні аспекти впровадження CBDC, надаючи корисні дані для подальшого розвитку цієї технології [36]. У таблиці представлено інформацію

про проекти цифрових валют центральних банків у різних країнах, що ілюструє стадії розробки та вибір технологічних рішень для реалізації (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Проекти цифрових валют центральних банків (CBDC)

Країна	Стадія	Модель	Технологія
Китай	Пілот	Роздрібна	Власна платформа
Швеція	Тестування	Роздрібна	DLT
Багами	Запущено	Роздрібна	Блокчейн
ЄЦБ	Дослідження	Гібридна	В розробці
Японія	Дослідження	Гібридна	В розробці

Джерело: складено автором за [36;39]

Інституційні інвестори демонструють зростаючий інтерес до криптовалют як нового класу активів, що пропонує потенціал диверсифікації портфелів та захисту від інфляційних ризиків. Розвиток регульованих інвестиційних продуктів створює комфортні умови для входження на ринок традиційних фінансових установ, пенсійних фондів, страхових компаній та інших інституційних гравців [39].

Біржові фонди на криптовалюти (Crypto ETF) представляють собою революційний інструмент, що дозволяє отримати експозицію на криптовалютний ринок через традиційні біржові майданчики. Перевагами ETF виступають регуляторний нагляд, професійне управління активами, ліквідність та простота включення в існуючі інвестиційні портфелі. Фонди можуть відстежувати вартість окремих криптовалют або індексів, що включають кошик цифрових активів. Ф'ючерсні контракти на криптовалюти забезпечують можливості хеджування ризиків та спекулятивної торгівлі через регульовані біржові майданчики. Стандартизація контрактів та наявність центрального контрагента знижують контрагентські ризики. Можливість торгівлі з левериджем підвищує ефективність використання капіталу. Ф'ючерсний ринок також відіграє важливу роль у ціноутворенні на спотовому ринку криптовалют. Опціонні контракти розширюють інструментарій управління ризиками та створення структурованих продуктів на основі криптовалют. Можливість конструювання складних стратегій через комбінацію опціонів дозволяє точно

налаштувати профіль ризику та дохідності позицій. Розвиток ринку опціонів також сприяє підвищенню ефективності ціноутворення та ліквідності базових активів. Інтеграція криптовалют в традиційні інвестиційні портфелі вимагає розвитку інфраструктури та методології управління активами. Аналіз кореляцій з традиційними класами активів дозволяє оцінити потенціал диверсифікації. Моделі оптимізації портфелів адаптуються для врахування специфічних характеристик криптовалют, включаючи високу волатильність та особливості ціноутворення. Кастодіальні рішення від регульованих фінансових установ знижують операційні ризики зберігання криптовалют для інституційних інвесторів. Професійні кастодіани забезпечують безпечне зберігання приватних ключів, страхування активів, регулярний аудит та звітність. Інтеграція з традиційними системами обліку та клірингу спрощує операційні процеси [42].

Розвиток первинного ринку криптоактивів через регульовані механізми розміщення створює нові можливості для інституційних інвесторів. Security Token Offering (STO) забезпечує випуск токенизованих цінних паперів з дотриманням регуляторних вимог. Initial Exchange Offering (IEO) через ліцензовані біржові майданчики знижує ризики для інвесторів. Аналітичні інструменти для оцінки криптовалют як інвестиційних активів постійно вдосконалюються. Розвиваються методології фундаментального аналізу мережевих метрик, технічного аналізу цінової динаміки, оцінки ринкових настроїв. Професійні термінали надають інституційним інвесторам комплексні рішення для аналізу та торгівлі криптоактивами. Управління ризиками при інвестуванні в криптовалюти вимагає врахування специфічних факторів, включаючи технологічні ризики, регуляторну невизначеність, ризики зберігання. Розвиваються методології оцінки та моніторингу різних категорій ризиків. Страхові продукти забезпечують додатковий рівень захисту інвестицій. Ліквідність інституційного ринку криптовалют забезпечується через мережу маркет-мейкерів та OTC-дилерів. Великі блочні угоди можуть виконуватися з мінімальним впливом на ринкову ціну. Алгоритмічні системи

оптимізують виконання великих ордерів через розподіл між різними майданчиками та часовими періодами [38].

Prime брокерські послуги для інституційних клієнтів включають кредитування під заставу криптовалют, управління забезпеченням, консолідований кліринг через multiple біржі. Розвиток інфраструктури позичок розширює можливості левериджу та короткого продажу криптоактивів. Автоматизовані системи моніторингу забезпечення знижують ризики при маржинальній торгівлі [40].

Податкові аспекти інвестування в криптовалюту потребують особливої уваги з боку інституційних інвесторів. Розвиваються рішення для автоматизованого трекінгу транзакцій та розрахунку податкових зобов'язань. Професійні консультанти допомагають структурувати інвестиції з урахуванням податкової ефективності. Комплаєнс процедури для операцій з криптовалютами адаптуються до вимог регуляторів у різних юрисдикціях. Системи моніторингу транзакцій забезпечують виявлення підозрілої активності. Процедури KYC/AML інтегруються в процеси відкриття рахунків та проведення операцій. Регулярна звітність надається наглядовим органам. Розвиток деривативних продуктів на криптовалюту розширює можливості для створення структурованих інвестиційних рішень. Варранти, структурні ноти, свопи дозволяють конструювати продукти з заданими характеристиками ризику та доходності. Синтетичні продукти забезпечують експозицію на криптовалюту без необхідності прямого володіння активами. Інтеграція з традиційними торговими платформами спрощує доступ інституційних інвесторів до криптовалютного ринку. Підтримка криптовалютних інструментів додається до існуючих систем виконання ордерів та ризик-менеджменту. Розвиваються стандарти обміну даними між криптовалютними та традиційними фінансовими системами. Платіжна інфраструктура для криптовалют включає широкий спектр рішень для різних сценаріїв використання. Платіжні процесори забезпечують прийом криптовалют онлайн-магазинами та сервісами. POS-термінали підтримують криптовалютні платежі в фізичних точках продажу.

Розвиваються рішення для транскордонних переказів з використанням стейблкоїнів [41].

Інтеграція криптовалют у традиційну фінансову систему відбувається через розвиток платіжної інфраструктури, впровадження інституційними інвесторами та визнання регуляторами. Банки та платіжні системи впроваджують послуги з купівлі, продажу та зберігання криптовалют. Корпоративні казначейства диверсифікують резерви через інвестиції в Bitcoin. Центральні банки досліджують можливості випуску власних цифрових валют [39].

Масштабування та енергоефективність залишаються технологічними викликами для розвитку криптовалют. Рішення другого рівня, такі як Lightning Network для Bitcoin та різноманітні сайдчейни, розширюють можливості обробки транзакцій. Перехід від Proof of Work до більш енергоефективних механізмів консенсусу знижує екологічний вплив майнінгу [41].

Криптовалютна індустрія продовжує активний розвиток через впровадження інновацій та розширення сфер застосування. Інтеграція з технологіями штучного інтелекту та інтернету речей створює нові можливості для автоматизації фінансових процесів. Токенізація реальних активів розширює інвестиційні можливості на криптовалютному ринку [38].

2.3. Використання блокчейну у міжнародних платежах та розрахунках

Система SWIFT, яка обробляє більше 5 трильйонів доларів міжнародних платежів щоденно, вимагає 3–5 банків–кореспондентів для проведення типового міжнародного переказу, що призводить до комісій у розмірі 25–35 доларів США за транзакцію та часу виконання від 3 до 5 робочих днів. Блокчейн–платформа Ripple, згідно з даними за 2024 рік, забезпечує проведення міжнародних переказів за 3–5 секунд з комісією менше 0,01 долара США за транзакцію [35].

JP Morgan у 2019 році запустив власну блокчейн–мережу Liink для міжбанківських розрахунків, яка станом на 2024 рік об'єднує понад 400 банків–учасників та обробляє транзакції на суму більше 300 мільярдів доларів щомісяця. Мережа забезпечує миттєве підтвердження платежів та зниження операційних витрат на 75% порівняно з традиційними системами кореспондентських відносин [38]. Міжнародна платіжна система Visa інтегрувала підтримку стейблкоіну USDC на блокчейні Ethereum для розрахунків між фінансовими установами. За перший рік роботи через мережу Visa було проведено USDC–транзакцій на суму понад 1 мільярд доларів, що дозволило учасникам уникнути необхідності конвертації валют та передоплати коррахунків [41].

Платформа Stellar, розроблена спеціально для транскордонних платежів, станом на 2024 рік обробляє більше 8 мільйонів транзакцій щоденно із середнім часом підтвердження 3–5 секунд. Мережа підтримує мультивалютні операції з автоматичною конвертацією через вбудований механізм децентралізованого обміну, що дозволяє проводити платежі між будь–якими валютними парами [37].

IBM World Wire, запущена в партнерстві з Stellar, з'єднує 72 країни та підтримує 47 валют через мережу регульованих фінансових установ. Платформа забезпечує кліринг та розрахунки в режимі реального часу з використанням цифрових активів як проміжного інструменту для міжвалютних конвертацій [40].

Банк міжнародних розрахунків (BIS) у співпраці з центральними банками реалізував проект Project Dunbar для створення мультивалютної платформи оптових цифрових валют центральних банків (CBDC). Пілотний проект продемонстрував можливість проведення транскордонних платежів між учасниками з різних юрисдикцій за секунди замість днів [42].

Народний банк Китаю розгорнув пілотну програму транскордонного використання цифрового юаня (e–CNY) у співпраці з центральними банками Гонконгу, Таїланду та ОАЕ. Проект mBridge забезпечив проведення реальних

комерційних транзакцій на суму понад 22 мільйони доларів США між 20 банками з середнім часом розрахунків менше 10 секунд [36].

Mastercard впровадила підтримку вибраних стейблкоїнів у своїй платіжній мережі, що дозволяє проводити миттєві транскордонні перекази між учасниками системи. Пілотна програма з Circle (емітент USDC) продемонструвала зниження вартості міжнародних B2B платежів на 80% порівняно з традиційними каналами. R3 Corda, корпоративна блокчейн-платформа для фінансового сектору, використовується консорціумом з 50 найбільших банків світу для оптимізації процесів міжбанківських розрахунків. Платформа Marco Polo на базі Corda обробляє торгове фінансування на суму понад 15 мільярдів доларів щорічно, забезпечуючи автоматизацію документообігу та миттєві розрахунки. Платформа Finality, створена консорціумом 15 найбільших банків світу, отримала ліцензію Bank of England на емісію токенізованих депозитів для міжбанківських розрахунків. Система забезпечує атомарні розрахунки з доставкою проти платежу (DvP) у режимі 24/7 з використанням смарт-контрактів для автоматизації процесів [38].

Система Blockchain Federal Argentina (BFA), запроваджена центральним банком Аргентини для модернізації національної платіжної інфраструктури, демонструє успішний приклад впровадження блокчейн-технологій на державному рівні. Мережа об'єднує 80 фінансових установ країни, включаючи комерційні банки, страхові компанії, пенсійні фонди та інших учасників фінансового ринку. Архітектура системи базується на приватному блокчейні з механізмом консенсусу Proof of Authority, де валідаторами виступають ліцензовані фінансові установи. За перший рік функціонування обсяг транзакцій через BFA перевищив 12 мільярдів доларів США, при цьому середній час підтвердження платежу складає менше 3 секунд. Система забезпечує повну простежуваність операцій для регулятора при збереженні конфіденційності комерційної інформації учасників. Розвиток документарних операцій на блокчейні отримав значний імпульс через впровадження платформи Contour, яка спеціалізується на цифровізації акредитивів та

банківських гарантій. Технологічною основою платформи виступає корпоративний блокчейн R3 Corda, який забезпечує високий рівень приватності та масштабованості. Консорціум з понад 100 провідних банків та корпорацій використовує Contour для автоматизації процесів торгового фінансування. Смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання умов акредитивів на основі верифікованих даних про відвантаження товарів, страхування та інші комерційні документи. Час обробки типового акредитива скоротився з 10 днів при паперовому документообігу до 24 годин у цифровому форматі. Операційні витрати учасників знизились на 90% за рахунок автоматизації процесів верифікації документів та виконання платежів. Платформа інтегрована з основними системами електронного документообігу в міжнародній торгівлі, включаючи SWIFT, Bolero та essDOCS.

Глобальна міжбанківська система SWIFT, яка обслуговує більше 11000 фінансових установ у 200 країнах, активно досліджує можливості інтеграції з блокчейн-мережами. У партнерстві з Chainlink запущено проект міжмережевої взаємодії для забезпечення сумісності між традиційною фінансовою інфраструктурою та децентралізованими протоколами. Пілотна програма продемонструвала технічну можливість проведення атомарних транзакцій між банківськими системами та блокчейн-мережами з повним збереженням функціоналу SWIFT щодо комплаєнс, моніторингу та звітності. Інтеграція дозволяє учасникам SWIFT отримати доступ до ліквідності децентралізованих протоколів при збереженні звичних процедур управління ризиками та регуляторного нагляду [11].

Розвиток міжбанківських розрахунків на блокчейні отримав потужний імпульс після запуску платформи JPM Coin банком JP Morgan. Цифровий токен, забезпечений депозитами в JP Morgan, використовується для миттєвих розрахунків між учасниками мережі Онух. Станом на 2024 рік щоденний обсяг транзакцій через платформу перевищує 10 мільярдів доларів США. Мережа об'єднує більше 400 фінансових установ з 75 країн світу. Використання блокчейну дозволило знизити витрати на міжбанківські розрахунки на 75%

порівняно з традиційними кореспондентськими відносинами. Особливо значний ефект досягається при проведенні міжнародних платежів, де JPM Coin виступає проміжним інструментом для конвертації валют [18].

Платіжна система Visa розширила підтримку цифрових валют через інтеграцію стейблкоїну USDC для розрахунків між фінансовими установами. За перший рік після впровадження обсяг USDC–транзакцій через мережу Visa перевищив 1 мільярд доларів. Використання стейблкоїну дозволяє учасникам проводити міжнародні розрахунки без необхідності підтримки кореспондентських рахунків у різних валютах. Visa також розвиває програму підтримки фінтех–компаній, які розробляють платіжні рішення на основі блокчейну. Спеціальна програма Fintech Fast Track забезпечує прискорений доступ до інфраструктури Visa для інноваційних проєктів. Mastercard розширює підтримку цифрових активів через інтеграцію вибраних стейблкоїнів у свою платіжну мережу. У партнерстві з Circle (емітент USDC) реалізована пілотна програма для корпоративних міжнародних платежів. Результати показали зниження вартості транскордонних B2B переказів на 80% порівняно з традиційними каналами. Mastercard також розвиває власну блокчейн–платформу для міжбанківських розрахунків та випуску цифрових активів. Мережа підтримує смарт–контракти та токенизацію реальних активів при збереженні високих стандартів безпеки та комплаєнс [28].

Ripple продовжує розширювати мережу фінансових установ, які використовують технологію RippleNet для міжнародних платежів. Час проведення транзакцій складає 3–5 секунд при комісії менше 0,01 долара США незалежно від суми переказу. Особливо активно технологія впроваджується в країнах Азії та Латинської Америки, де висока вартість традиційних міжнародних переказів створює значний попит на альтернативні рішення. Токен XRP використовується як проміжний інструмент для миттєвої конвертації валют без необхідності підтримки прямих кореспондентських відносин між банками [11].

Stellar розвиває спеціалізовану платформу для транскордонних платежів з підтримкою мультивалютних операцій. Мережа обробляє більше 8 мільйонів транзакцій щоденно з середнім часом підтвердження 3–5 секунд. Вбудований механізм децентралізованого обміну дозволяє проводити автоматичну конвертацію між будь-якими валютними парами за найкращим доступним курсом. IBM використовує технологію Stellar у своїй платформі World Wire, яка з'єднує 72 країни та підтримує 47 валют через мережу регульованих фінансових установ.

SWIFT у партнерстві з Chainlink запустила проект міжмережевої взаємодії для забезпечення сумісності між традиційною фінансовою інфраструктурою та блокчейн-мережами. Пілотна програма продемонструвала можливість атомарних транзакцій між банківськими системами та децентралізованими протоколами з повною простежуваністю операцій [42]. Банк Santander впровадив платіжне рішення One Pay FX на базі технології Ripple для роздрібних міжнародних переказів. Сервіс доступний у 6 країнах та обробляє транзакції на суму понад 3 мільярди доларів щорічно, забезпечуючи миттєві перекази з прозорими комісіями.

Отже, провідні фінансові та технологічні компанії активно інтегрують блокчейн для оптимізації транскордонних платежів, роблячи їх швидшими, доступнішими та прозорішими. Stellar забезпечує мультивалютну підтримку з автоматичною конвертацією, IBM використовує її для глобальної платформи World Wire, що об'єднує фінансові установи з різних країн. SWIFT разом із Chainlink створює інфраструктуру для з'єднання традиційних банків із блокчейн-мережами, а Santander застосовує Ripple для миттєвих роздрібних переказів із прозорими комісіями, що свідчить про масштабну трансформацію світових фінансових послуг.

РОЗДІЛ 3.

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ У ГЛОБАЛЬНІЙ ФІНАНСОВІЙ СИСТЕМІ

3.1. Блокчейн як інструмент підвищення прозорості та безпеки у фінансових операціях

Для впровадження блокчейну у фінансову систему України доцільно звернути увагу на досвід країн, які успішно реалізували цю технологію в різних аспектах фінансової діяльності. Важливо вивчити приклади таких країн, як Естонія, Китай та США, які показують ефективність блокчейну не лише у традиційних фінансових операціях, але й у цифрових трансформаціях, спрямованих на підвищення прозорості, ефективності та безпеки фінансових процесів.

Естонія вважається світовим лідером у впровадженні блокчейн-технологій у державне управління. Ця невелика країна з населенням трохи більше 1,3 мільйона людей змогла побудувати одну з найінноваційніших цифрових екосистем завдяки реалізації національної ініціативи e-Estonia. Проєкт став прикладом успішного цифрового урядування, демонструючи, як технології можуть змінити традиційні підходи до управління, зробити державні сервіси доступнішими та зручнішими для громадян. e-Estonia, ініційована у 2001 році, була створена з метою зробити урядову систему максимально прозорою, ефективною та безпечною. Однією з ключових технологій, на якій базується проєкт, є блокчейн. Його використання дозволило створити надійну інфраструктуру для зберігання даних і захисту інформації від несанкціонованого втручання. Блокчейн забезпечує незмінність і децентралізований контроль даних, що особливо важливо для роботи з конфіденційною інформацією, такою як медичні записи, судові документи, податкова звітність і реєстри громадян.

У рамках e-Estonia громадяни Естонії отримали доступ до цифрової ідентифікації (ID-карт), яка дозволяє їм користуватися майже всіма державними послугами онлайн. Система включає електронне голосування (e-Voting), доступ до медичних даних (e-Health), реєстрацію бізнесу (e-Business) та навіть електронні судові процеси (e-Justice). Використання блокчейну у цих системах гарантує безпечність даних та можливість перевірки будь-яких змін у реєстрах. Особливість естонської моделі у використанні блокчейну полягає в його інтеграції в платформу KSI Blockchain, яка забезпечує постійний контроль за всіма операціями з даними. Ця технологія дозволяє відстежувати будь-які зміни, проводити аудит інформації та виявляти можливі порушення. Наприклад, у сфері охорони здоров'я блокчейн забезпечує пацієнтам повний контроль над їхніми медичними записами, дозволяючи надавати доступ лише обраним лікарям чи установам.

Естонія демонструє, що впровадження блокчейну у державне управління можливе навіть для країн з обмеженими ресурсами. Основними факторами успіху стали:

- Чітке стратегічне планування та інвестиції в цифрову інфраструктуру.
- Законодавча база, яка підтримує інновації.
- Прозорість і відкритість даних для громадян.

Для України досвід Естонії є цінним прикладом, адже країна вже почала активно інтегрувати цифрові технології, такі як «Дія». Застосування блокчейну у сферах оподаткування, земельного кадастру та електронного голосування може стати наступним кроком до створення сучасної цифрової держави. Естонія довела, що блокчейн-технології здатні змінити традиційні підходи до управління та покращити життя громадян. Завдяки e-Estonia країна не лише оптимізувала державні процеси, але й стала символом цифрової епохи, надихаючи інші держави на впровадження інновацій. Блокчейн у поєднанні з прозорою політикою та доступністю технологій може стати потужним інструментом для модернізації будь-якої країни, включаючи Україну.

Китай займає одну з лідерських позицій у сфері цифрових інновацій, активно інтегруючи новітні технології в економічну та фінансову систему країни. Особливу увагу привертає використання блокчейну, який став основою для оптимізації фінансових транзакцій, підвищення прозорості розрахунків і створення цифрового юаня (CBDC — Central Bank Digital Currency). Цей проект є стратегічним кроком, який не лише змінює внутрішній ринок Китаю, але й впливає на глобальну фінансову систему. Блокчейн у Китаї використовується для забезпечення безпеки, прозорості та швидкості транзакцій у багатьох секторах. Основні напрямки його застосування:

1. Автоматизація розрахунків - завдяки децентралізованій природі блокчейну, транзакції відбуваються швидше, без необхідності посередників.
2. Відстеження грошових потоків - уряд використовує блокчейн для моніторингу фінансових операцій, що сприяє боротьбі з корупцією та незаконними фінансовими схемами.
3. Розвиток смарт-контрактів - ці інструменти дозволяють автоматизувати виконання угод, підвищуючи ефективність фінансових операцій у секторах, таких як страхування та кредитування.

Одним із найбільших досягнень Китаю у сфері блокчейну є розробка та впровадження цифрового юаня. Народний банк Китаю (PBoC) розпочав тестування CBDC ще у 2020 році, і зараз ця технологія поступово інтегрується у фінансову систему країни. Основні переваги цифрового юаня:

1. Блокчейн забезпечує можливість детального моніторингу всіх операцій, що дозволяє уряду контролювати грошові потоки.
2. Цифрова валюта скорочує потребу у фізичних банківських процесах і зменшує операційні витрати.
3. Цифровий юань дозволяє охопити віддалені регіони, де відсутній доступ до традиційних банківських послуг.

Китайська цифрова валюта має потенціал впливу на глобальну фінансову систему. Вона може зміцнити позиції юаня як міжнародної валюти, зменшуючи

залежність від долара США. Впровадження цифрового юаня може стати прикладом для інших країн, які розглядають можливість створення CBDC.

Досвід Китаю може бути корисним для України у впровадженні блокчейну в державні фінанси та цифрові платіжні системи. Основні напрями, які можуть бути адаптовані:

1. Розробка національної цифрової валюти для підвищення прозорості фінансової системи.
2. Використання блокчейну для автоматизації податкового обліку та електронних платежів.
3. Інтеграція смарт-контрактів у державні закупівлі та управління фінансами.

Китай демонструє, як технологія блокчейну може трансформувати фінансову систему та зміцнити економіку. Завдяки цифровому юаню країна стала лідером у впровадженні національних криптовалют, задаючи новий стандарт у світовій фінансовій системі. Досвід Китаю є цінним для інших країн, включаючи Україну, яка може використовувати ці досягнення для модернізації власної економіки та впровадження інноваційних рішень у державному управлінні.

США є одним із провідних центрів розвитку блокчейн-технологій, особливо у приватному секторі. Національна інноваційна екосистема підтримує впровадження блокчейну у сферах фінансів, юриспруденції, логістики, нерухомості та навіть охорони здоров'я. Однак саме децентралізовані фінанси (DeFi) та смарт-контракти здобули найбільшу популярність і визнання в США, формуючи нові моделі економічної взаємодії та бізнесу. У США основними драйверами впровадження блокчейну є технологічні компанії, фінансові стартапи та венчурні фонди. Приватний сектор використовує блокчейн для оптимізації фінансових процесів, підвищення прозорості угод і зменшення транзакційних витрат. Завдяки високій конкуренції між компаніями у сфері технологій, країна стала глобальним центром для розробки рішень на основі блокчейну. Наприклад, такі компанії, як Coinbase та Kraken, створюють

платформи для торгівлі криптовалютами, тоді як Ethereum пропонує екосистему для розробки децентралізованих додатків (dApps). Ці інструменти стають основою для нових фінансових моделей, зокрема децентралізованих фінансів.

Децентралізовані фінанси (DeFi) дозволяють здійснювати фінансові операції без посередників, таких як банки чи кредитні установи. В США DeFi охоплює широкий спектр послуг: за допомогою смарт-контрактів користувачі можуть отримувати позики, закладаючи цифрові активи; платформи, що дозволяють здійснювати прямі угоди між користувачами, забезпечуючи швидкість і мінімальні витрати; через DeFi можна автоматизувати процеси інвестування, використовуючи алгоритмічні механізми. Ці системи функціонують на базі блокчейну Ethereum та інших платформ, забезпечуючи прозорість і безпеку операцій. Наприклад, у 2023 році ринок DeFi у США досяг мільярдних обсягів, залучивши інвесторів з усього світу.

Смарт-контракти, які є самовиконуваними програмами, інтегрованими у блокчейн, дозволяють автоматизувати юридичні й фінансові угоди. У США ця технологія знайшла застосування в багатьох галузях - автоматизація процесів купівлі-продажу нерухомого майна; скорочення бюрократичних процедур і пришвидшення виплат у разі настання страхових випадків; захист прав авторів через автоматичний розподіл роялті. Наприклад, платформа OpenLaw використовує смарт-контракти для автоматизації юридичних угод, а компанії як Aave пропонують клієнтам кредитні послуги, повністю керовані алгоритмами.

Досвід США показує, як приватний сектор може стати основним рушієм цифрових інновацій. Децентралізовані фінанси та смарт-контракти створюють нові можливості для оптимізації бізнес-процесів, залучення інвестицій і зменшення транзакційних витрат. Для України ці технології можуть бути адаптовані у сфері фінансових послуг, електронного управління та бізнесу. Наприклад, впровадження смарт-контрактів у державні закупівлі може підвищити їх прозорість, а використання DeFi-інструментів здатне розширити доступ до фінансування для малого та середнього бізнесу.

США є яскравим прикладом того, як блокчейн може змінити фінансову систему та створити нові моделі економічної взаємодії. Децентралізовані фінанси та смарт-контракти відкривають нові горизонти для інновацій у приватному секторі, створюючи більш ефективні, прозорі та інклюзивні бізнес-процеси. Досвід Сполучених Штатів може слугувати дороговказом для інших країн, які прагнуть впроваджувати сучасні технології та досягати нових економічних вершин. Таким чином, аналізуючи міжнародний досвід, Україна має можливість адаптувати передові технологічні рішення до своїх специфічних потреб, що відкриває нові перспективи для модернізації економіки та управлінських процесів. Впровадження блокчейну може стати ефективним інструментом у забезпеченні прозорості державних процесів, зокрема в таких сферах, як державні закупівлі, управління земельними ресурсами та виборчі системи. Завдяки децентралізованій природі цієї технології, дані стають більш захищеними від маніпуляцій, а громадяни отримують доступ до перевіреної та відкритої інформації.

У фінансовій системі використання блокчейну сприятиме розвитку цифрових валют, що дозволить прискорити та здешевити транзакції, розширить доступ до фінансових послуг у віддалених регіонах і підвищить ефективність контролю за грошовими потоками. Наприклад, створення національної цифрової валюти на основі блокчейну дозволить не лише посилити фінансову незалежність країни, але й впровадити інноваційні підходи до оподаткування, соціальних виплат та банківських послуг. Крім того, стимулювання інновацій у фінансовій системі через децентралізовані фінанси (DeFi) і смарт-контракти дозволить малому та середньому бізнесу отримати доступ до нових джерел фінансування, спрощуючи процеси кредитування та зменшуючи транзакційні витрати. Це також може сприяти створенню технологічних стартапів, які здатні залучати іноземні інвестиції, інтегруючи Україну у глобальний цифровий ринок.

Таким чином, використання найкращих практик інших країн дає Україні змогу не лише покращити існуючі державні та фінансові системи, але й

зкласти фундамент для інноваційного економічного зростання, орієнтованого на цифрову трансформацію та глобальну конкурентоспроможність.

Впровадження блокчейн-технологій у фінансовому секторі демонструє значний потенціал для підвищення прозорості та безпеки операцій через унікальні характеристики розподіленого реєстру. Традиційна фінансова система базується на централізованих базах даних, які контролюються окремими установами та вразливі до маніпуляцій, кібератак, технічних збоїв. Статистика показує, що глобальні втрати від фінансового шахрайства перевищують 200 мільярдів доларів щорічно, при цьому значна частина злочинів пов'язана з маніпуляціями даними та несанкціонованим доступом до інформаційних систем.

Розподілений характер зберігання даних у блокчейні створює принципово новий рівень захисту від несанкціонованих змін та фальсифікацій. Кожна транзакція криптографічно підписується учасниками та включається в блок, який містить хеш-посилання на попередній блок, формуючи нерозривний ланцюжок. Зміна історичних даних вимагає одночасного контролю над більшістю вузлів мережі, що практично неможливо в масштабних системах. Дослідження показують, що успішні атаки на публічні блокчейни практично відсутні за всю історію їх існування.

Механізми консенсусу забезпечують узгодження стану системи між усіма учасниками без необхідності довіреного центру. Proof of Work, який використовується в Bitcoin, вимагає значних обчислювальних ресурсів для підтвердження транзакцій, що робить атаки економічно недоцільними. Proof of Stake, впроваджений в Ethereum, забезпечує безпеку через економічні стейки валідаторів. Практика показує, що вартість успішної атаки на великі блокчейн-мережі перевищує потенційний прибуток від шахрайства.

Прозорість транзакцій у публічному блокчейні дозволяє будь-якому учаснику перевірити історію операцій та поточний стан системи. Спеціалізовані аналітичні інструменти, такі як Chainalysis та Elliptic, забезпечують моніторинг підозрілої активності та виявлення зв'язків з

нелегальною діяльністю. Статистика показує, що частка криптовалютних транзакцій, пов'язаних з кримінальною активністю, знизилася з 2% у 2019 році до менше 0.5% у 2023 році завдяки розвитку інструментів моніторингу. Смарт-контракти автоматизують виконання фінансових угод відповідно до заздалегідь визначених умов, виключаючи можливість маніпуляцій та помилок при ручній обробці. Аудит коду смарт-контрактів дозволяє виявити потенційні вразливості до впровадження в продуктивне середовище. Статистика показує, що втрати від експлуатації вразливостей у смарт-контрактах знизились на 80% за останні два роки завдяки вдосконаленню практик безпечної розробки. Криптографічні механізми захисту приватних ключів забезпечують надійну автентифікацію користувачів та підтвердження прав на активи. Апаратні гаманці та мультипідписні схеми створюють додаткові рівні безпеки для зберігання криптовалют. Дослідження демонструють, що втрати від крадіжок приватних ключів становлять менше 0.1% від загальної капіталізації криптовалютного ринку [44,45].

Розвиток регуляторних технологій (RegTech) на базі блокчейну автоматизує процеси комплаєнс та звітності. Смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання регуляторних вимог, включаючи процедури KYC/AML. Аналіз показує, що впровадження блокчейн-рішень у комплаєнс знижує операційні витрати фінансових установ на 30–50%. Приватні та консорціумні блокчейни забезпечують конфіденційність комерційної інформації при збереженні прозорості для регуляторів. Механізми zero-knowledge proofs дозволяють підтверджувати валідність транзакцій без розкриття деталей. Практика показує, що банки, які впровадили блокчейн для міжбанківських розрахунків, досягли зниження витрат на аудит та комплаєнс до 70% [46].

Токенізація фінансових активів через технологію блокчейн революціонізує традиційні механізми обліку прав власності та проведення корпоративних дій на фондовому ринку. Статистика Всесвітнього банку показує, що глобальна капіталізація ринку цінних паперів перевищує 100 трильйонів доларів, при цьому щорічні витрати на інфраструктуру торгів, клірингу та розрахунків

складають близько 100 мільярдів доларів. Впровадження блокчейну дозволяє радикально оптимізувати процеси та знизити витрати учасників ринку. Австралійська фондова біржа (ASX) реалізує масштабний проект переведення всієї післяторгової інфраструктури на блокчейн-платформу Digital Asset Holdings. Новий механізм розрахунків забезпечить миттєве підтвердження транзакцій та автоматичне виконання корпоративних дій через смарт-контракти. За оцінками ASX, економія учасників ринку на операційних витратах складе 23 мільярди доларів протягом наступних 10 років. Платформа також забезпечить повну простежуваність прав власності та автоматичне виявлення порушень регуляторних вимог. Швейцарська фондова біржа SIX запустила регульовану платформу SIX Digital Exchange (SDX) для торгівлі токенизованими цінними паперами. Використання блокчейну дозволяє проводити атомарні розрахунки з доставкою проти платежу (DvP) в режимі реального часу. Смарт-контракти автоматично виконують виплати дивідендів, відсотків та інші корпоративні дії. За перший рік роботи через SDX було проведено транзакцій на суму понад 10 мільярдів швейцарських франків при зниженні операційних витрат учасників на 65%. Японська біржа JPX тестує блокчейн-платформу для post-trade інфраструктури у співпраці з IBM та Nomura Research Institute. Пілотний проект продемонстрував можливість скорочення циклу розрахунків з T+2 до T+0 при значному зниженні ризиків контрагента. Автоматизація процесів через смарт-контракти дозволяє економити до 70% витрат на бек-офіс операції. Платформа також забезпечує повну простежуваність транзакцій для регулятора при збереженні конфіденційності комерційної інформації учасників [55].

Найбільші банки-кастодіани, включаючи State Street, BNY Mellon та Northern Trust, впроваджують блокчейн-рішення для оптимізації процесів зберігання та обслуговування цінних паперів. Автоматизація корпоративних дій через смарт-контракти знижує операційні ризики та витрати на ручну обробку. Інтеграція з традиційними системами обліку забезпечує безшовний перехід на

нову технологічну платформу. За оцінками State Street, економія на операційних витратах досягає 550 мільйонів доларів щорічно.

Deutsche Börse Group розвиває платформу D7 для цифровізації післяторгової інфраструктури європейського фінансового ринку. Блокчейн забезпечує єдине джерело достовірної інформації про права власності та обтяження цінних паперів. Смарт-контракти автоматизують процеси корпоративних дій та розрахунків деривативів. Учасники ринку отримують можливість токенизації традиційних фінансових інструментів для підвищення ліквідності та ефективності операцій [18].

Singapore Exchange (SGX) у партнерстві з Temasek запустила платформу для випуску та торгівлі цифровими облігаціями на блокчейні. Смарт-контракти забезпечують автоматичне нарахування та виплату купонів, а також виконання умов дострокового погашення. Використання блокчейну знижує витрати на випуск облігацій на 35% та скорочує час розміщення з тижнів до днів. Платформа також підтримує випуск «зелених» облігацій з автоматичним моніторингом цільового використання коштів. Найбільші міжнародні банки, включаючи Goldman Sachs, JP Morgan та Citi, створили консорціум для розробки стандартів токенизації фінансових активів на блокчейні. Уніфікація форматів даних та протоколів взаємодії забезпечить сумісність різних платформ та ліквідність токенизованих активів. Впровадження стандартів дозволить знизити фрагментацію ринку та створити єдиний глобальний простір для торгівлі цифровими цінними паперами. Центральні депозитарії цінних паперів (CSD) активно досліджують можливості впровадження блокчейну для модернізації інфраструктури обліку прав власності. Платформа на базі розподіленого реєстру забезпечить повну простежуваність транзакцій та автоматичне виконання корпоративних дій. За оцінками Європейської асоціації центральних депозитаріїв, перехід на блокчейн дозволить знизити витрати учасників ринку на 2–4 мільярди євро щорічно [19].

Практика впровадження блокчейну найбільшими банками світу демонструє значний потенціал для оптимізації процесів та зниження витрат.

Банк HSBC реалізував платформу Digital Vault для зберігання та обслуговування цінних паперів на суму понад 20 трильйонів доларів. Автоматизація процесів через смарт-контракти дозволила знизити операційні витрати на 25% та скоротити час обробки корпоративних дій з днів до годин.

Standard Chartered впровадив блокчейн-платформу для автоматизації операцій з цінними паперами в Азіатському регіоні. Система забезпечує миттєве підтвердження угод та автоматичне виконання розрахунків через смарт-контракти. За перший рік роботи через платформу було проведено транзакцій на суму понад 100 мільярдів доларів при зниженні операційних витрат на 40%.

BNP Paribas успішно впровадив блокчейн для автоматизації процесів обслуговування активів під управлінням на суму понад 400 мільярдів євро. Смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання корпоративних дій та розрахунок вартості чистих активів фондів. Платформа також підтримує токенизацію паїв інвестиційних фондів для підвищення ліквідності та спрощення процедур передачі прав власності.

У сучасному світі, де міжнародна торгівля та фінансові транзакції мають величезний обсяг, необхідність у швидких, дешевих і безпечних платіжних системах стає критично важливою. Блокчейн-технології пропонують кардинальне оновлення глобальної платіжної інфраструктури, вирішуючи проблеми традиційних систем, таких як висока комісія, довгий час обробки транзакцій і посередництво банківських установ.

Традиційні міжбанківські системи, такі як SWIFT, часто потребують кількох днів для завершення міжнародного переказу. Причини цього включають участь кількох банків-кореспондентів, різницю у часових поясах та робочі години фінансових установ. Завдяки децентралізованій природі, транзакції на блокчейні можуть бути завершені за лічені секунди або хвилини, незалежно від географічного положення чи часу доби. Протоколи на зразок Ripple (XRP Ledger) дозволяють швидко переказувати кошти між країнами. У традиційній фінансовій системі витрати на міжнародні перекази включають

комісії банків, валютні конверсії та плату за послуги фінансових посередників. Блокчейн значно знижує ці витрати, оскільки транзакції здійснюються напряму між учасниками без необхідності посередників. Наприклад, платформи, такі як Stellar, дозволяють здійснювати транзакції за мінімальною комісією, що робить їх доступними навіть для малих і середніх підприємств. Смарт-контракти — це програмований код на блокчейні, який виконує умови угоди автоматично. Вони забезпечують:

- Автоматичну обробку платежів без потреби втручання людей.
- Умовні перекази, які здійснюються лише за дотримання певних умов (наприклад, поставка товару).
- Уніфікацію валютних переказів: транзакції можуть бути здійснені у криптовалюті, яка автоматично конвертується у місцеву валюту.

Ripple використовує технологію блокчейн для міжнародних переказів між банками. Її рішення дозволяють скоротити час і витрати, пов'язані з транзакціями. Учасниками мережі RippleNet вже є великі банки та фінансові установи, наприклад, Santander і American Express.

Stellar платформа дозволяє здійснювати швидкі транзакції за низькою вартістю, орієнтуючись на потреби фізичних осіб та малого бізнесу. Її унікальна особливість — можливість випускати токени, які можуть представляти будь-які активи, включаючи фіатні валюти.

Visa і Mastercard компанії активно тестують використання блокчейну для підтримки миттєвих переказів між різними валютами, що стане важливим доповненням до їхніх поточних платіжних систем. Центральні банки та комерційні банки повинні співпрацювати для створення єдиних блокчейн-протоколів, які замінять або доповнять існуючі системи, такі як SWIFT. Банки можуть автоматизувати обробку платежів та зменшити ризики людської помилки за допомогою смарт-контрактів.

Глобальне поширення блокчейн-технологій у фінансах потребує створення міжнародних стандартів безпеки, конфіденційності даних та відповідності законодавству. Система буде працювати цілодобово, без прив'язки до робочих

годин банків. Усі транзакції фіксуються у блокчейні, забезпечуючи повну прозорість та можливість відстеження. Скорочення часу на розрахунки від кількох днів у традиційній системі до кількох секунд у блокчейні.

Інтеграція блокчейн-технологій у глобальну платіжну інфраструктуру є важливим кроком до створення нової фінансової екосистеми, яка буде швидшою, дешевшою та більш прозорою. Банки та міжнародні організації мають стати рушіями цих змін, використовуючи потенціал таких протоколів, як Ripple та Stellar, для перетворення світових платежів у нову еру цифрової фінансової взаємодії.

3.2. Розвиток регуляторних політик щодо блокчейн–технологій у світовій фінансовій системі

Регуляторна політика щодо блокчейн–технологій та криптоактивів проходить етап активного формування на глобальному рівні. Міжнародні організації, включаючи Financial Action Task Force (FATF), Financial Stability Board (FSB) та International Organization of Securities Commissions (IOSCO), розробляють єдині стандарти регулювання для запобігання регуляторному арбітражу між юрисдикціями. Рекомендації FATF 2019 року встановили базові вимоги до провайдерів послуг у сфері віртуальних активів (VASP) щодо протидії відмиванню коштів та фінансуванню тероризму. FSB у 2023 році опублікував глобальні стандарти регулювання криптоактивів та стейблкоїнів.

Європейський Союз створив комплексну регуляторну базу для криптоактивів через прийняття Markets in Crypto–Assets Regulation (MiCA). Регламент, який набуває чинності у 2024 році, встановлює єдині правила для емітентів криптоактивів, провайдерів послуг та торгових майданчиків. MiCA вводить вимоги до ліцензування діяльності, капіталу, захисту клієнтів, розкриття інформації. Окремі положення регулюють випуск та обіг стейблкоїнів, включаючи обов’язкове резервування та обмеження на обсяги емісії.

Сполучені Штати Америки реалізують багаторівневий підхід до регулювання через різні федеральні агентства. Securities and Exchange Commission (SEC) розглядає більшість токенів як цінні папери, що вимагає реєстрації випусків та дотримання вимог securities laws. Commodity Futures Trading Commission (CFTC) регулює деривативи на криптоактиви та ф'ючерсні ринки. Office of the Comptroller of the Currency (OCC) дозволив банкам надавати кастодіальні послуги для криптоактивів та використовувати стейблкоїни для платежів. Японія створила прогресивну регуляторну базу для криптоактивів через закон про платіжні сервіси (PSA) та закон про фінансові інструменти (FIEA). Financial Services Agency (FSA) здійснює ліцензування та нагляд за криптовалютними біржами. Вимоги включають сегрегацію коштів клієнтів, підтримання мінімального капіталу, впровадження систем кібербезпеки. Japan Virtual Currency Exchange Association (JVCEA) виконує функції саморегулювальної організації галузі. Сінгапур позиціонується як глобальний хаб для блокчейн-інновацій через створення сприятливого регуляторного середовища. Monetary Authority of Singapore (MAS) впровадив Payment Services Act, який регулює операції з цифровими платіжними токенами. Регулятор активно підтримує інновації через програму регуляторної пісочниці та гранти для блокчейн-проектів. Project Ubin продемонстрував можливості використання блокчейну для міжбанківських розрахунків [26,29].

Швейцарія створила спеціальний правовий режим для блокчейн-компаній через прийняття DLT Act. Закон визначає правовий статус криптоактивів та встановлює вимоги до інфраструктурних провайдерів. Swiss Financial Market Supervisory Authority (FINMA) видає спеціальні ліцензії для криптовалютних банків та торгових платформ. Кантон Цуг, відомий як «Криптодолина», став глобальним центром блокчейн-індустрії. ОАЕ активно розвиває регуляторну базу для криптоактивів через спеціальні економічні зони. Dubai Multi Commodities Centre (DMCC) створив кластер для блокчейн-компаній з пільговим режимом оподаткування. Abu Dhabi Global Market (ADGM) впровадив комплексну систему регулювання віртуальних активів. Dubai

Financial Services Authority (DFSA) розробила правила для токенизованих цінних паперів [46].

Китай заборонив операції з криптовалютами, але активно розвиває регулювання блокчейн-технологій для промислового застосування. Blockchain Service Network (BSN) створює національну інфраструктуру для корпоративних блокчейн-проектів. Цифровий юань (e-CNY) демонструє можливості використання блокчейну для цифрових валют центральних банків. Провінції створюють спеціальні зони для розвитку блокчейн-технологій. Міжнародна координація регуляторних підходів розвивається через Global Financial Innovation Network (GFIN) та двосторонні угоди між наглядовими органами. Регулятори обмінюються досвідом та кращими практиками нагляду за криптоактивами. Створюються механізми транскордонного обміну інформацією для виявлення підозрілих операцій. Розробляються стандарти сумісності різних регуляторних режимів. Центральні банки провідних країн світу реалізують масштабні програми дослідження та розробки цифрових валют центрального банку (CBDC) на базі блокчейн-технологій. Bank for International Settlements (BIS) виступає координаційним центром для гармонізації технічних стандартів та регуляторних підходів на міжнародному рівні. За даними BIS, станом на 2024 рік більше 90% центральних банків проводять дослідження CBDC, 50% реалізують пілотні проекти, а 11 юрисдикцій вже запустили цифрові валюти в промислову експлуатацію. Народний банк Китаю (PBOC) досяг найбільшого прогресу у впровадженні роздрібної CBDC через проект цифрового юаня (e-CNY). Пілотна програма охоплює 26 провінцій та міст з населенням понад 300 мільйонів осіб. За перші два роки тестування проведено транзакцій на суму більше 14 мільярдів доларів США. Архітектура системи базується на дворівневій моделі, де центральний банк випускає цифрову валюту, а комерційні банки забезпечують її дистрибуцію кінцевим користувачам [51].

Європейський центральний банк (ECB) реалізує проект цифрового євро з фокусом на роздрібних платежах. Дослідницька фаза, запущена в 2021 році,

включає розробку прототипів та тестування різних технологічних рішень. Особлива увага приділяється питанням конфіденційності транзакцій, інтеграції з існуючими платіжними системами, забезпеченню офлайн-функціональності. ЕСВ планує прийняти рішення щодо випуску цифрового євро до кінця 2024 року.

Bank of England розробляє концепцію цифрового фунта з акцентом на програмованості грошей через смарт-контракти. Дослідницька програма включає оцінку впливу CBDC на монетарну політику, фінансову стабільність, конкуренцію в банківському секторі. Регулятор співпрацює з приватним сектором через форум CBDC Engagement Forum для визначення оптимальної моделі впровадження цифрової валюти [52].

Bank of Japan тестує технічні рішення для цифрової єни в рамках Project Stella. Пілотна програма фокусується на оптових розрахунках між фінансовими установами з використанням розподіленого реєстру. Особлива увага приділяється питанням масштабованості, конфіденційності транзакцій, інтеграції з існуючими платіжними системами. Регулятор також досліджує можливості використання цифрової єни для транскордонних платежів [53].

Federal Reserve System США реалізує проект Project Hamilton у співпраці з MIT Digital Currency Initiative для дослідження технічних аспектів цифрового долара. Прототип системи продемонстрував можливість обробки 1.7 мільйона транзакцій за секунду з використанням розподіленого реєстру. Регулятор також оцінює потенційний вплив CBDC на фінансову систему та монетарну політику через консультації з учасниками ринку. Народний банк Швеції (Sveriges Riksbank) тестує технічну платформу для цифрової крони в рамках проекту e-krona. Пілотна програма досліджує можливості використання блокчейну R3 Corda для роздрібних платежів. Особлива увага приділяється забезпеченню офлайн-функціональності та інтеграції з існуючою платіжною інфраструктурою. Регулятор планує прийняти рішення щодо випуску цифрової крони до 2026 року.

Почнемо з глибокого аналізу тестування оптової цифрової валюти центрального банку (CBDC), яке було реалізовано Банком Кореї з метою модернізації та оптимізації міжбанківських розрахунків. Успіх цієї пілотної програми вказує на важливий зсув у напрямку цифровізації фінансових послуг, орієнтованих на прискорення транзакцій і мінімізацію витрат у міжбанківських операціях, особливо на міжнародному рівні. Використання CBDC знижує потребу в традиційних кореспондентських банках, що значно пришвидшує та спрощує процес транскордонних платежів, знижуючи витрати та мінімізуючи ризики. Тестування було зосереджене на вивченні можливостей впровадження смарт-контрактів, які є важливим аспектом автоматизації процесів, зокрема управління ліквідністю та розрахунків між банками. Смарт-контракти, інтегровані у CBDC, дозволяють встановити автоматичне виконання певних умов, що забезпечує швидкість і точність обробки операцій, мінімізуючи людський фактор та можливі помилки, особливо важливо для розв'язання питань ліквідності, оскільки розумні контракти дозволяють автоматично переводити кошти у разі досягнення певних рівнів або змін валютних курсів. На даному етапі Банк Кореї зосереджувався на оптовій CBDC, що спрямована на транзакції між фінансовими установами, але водночас активно вивчає можливості роздрібної CBDC, яка могла б використовуватись для широкого кола масових платежів громадянами та бізнесом. Роздрібна CBDC розширює можливості цифрових фінансових інструментів і сприяє розвитку фінансової інклюзії, особливо серед тих, хто не має доступу до банківських рахунків або традиційних фінансових сервісів. 4Впровадження роздрібної CBDC може стати основою для створення нових фінансових продуктів та послуг, орієнтованих на цифрове середовище. У свою чергу, це знижує бар'єри для виходу на міжнародні ринки, адже транскордонні операції стають доступнішими [41].

Пілотний проект Банку Кореї також продемонстрував здатність CBDC працювати в умовах різних валютних ринків, що відкриває можливості для співпраці з іншими центральними банками. Впровадження оптової CBDC у міжбанківських розрахунках дозволяє вирішувати питання конверсії валют у

режимі реального часу та значно знижує валютні ризики. У довгостроковій перспективі така інтеграція міжбанківських операцій може привести до створення глобальної мережі цифрових валют, що здатна забезпечити стабільність та швидкість у глобальних фінансових потоках [44].

Щодо управління ліквідністю, CBDC дає змогу автоматизувати процеси підтримки ліквідності за рахунок інтеграції смарт-контрактів, що можуть контролювати рівні резервів кожної установи і своєчасно виконувати необхідні розрахунки, що забезпечує стабільність і передбачуваність фінансових операцій, мінімізуючи залежність від коливань на ринку, що особливо важливо для підтримки банківських систем в умовах кризи [49].

Крім технічних аспектів, також слід зазначити важливість нормативно-правової бази, яка забезпечує ефективну та безпечну роботу CBDC. Банк Кореї ретельно вивчає та адаптує законодавство, яке б дозволило уникнути ризиків для користувачів і забезпечити захист їхніх прав. Успішна реалізація цього проекту вимагатиме чітких правових рамок, які б регулювали питання приватності, конфіденційності даних і доступу до цифрових гаманців, що є критично важливим для довіри суспільства [11].

На завершення, проєкт Банку Кореї є важливим кроком у створенні нової цифрової фінансової екосистеми, яка об'єднує можливості блокчейн-технологій, смарт-контрактів і цифрових валют для підвищення ефективності міжбанківських розрахунків і забезпечення доступності фінансових послуг для громадян.

Reserve Bank of India розробляє цифрову рупію з акцентом на підвищенні фінансової інклюзивності. Пілотна програма включає тестування як оптової, так і роздрібною CBDC. Особлива увага приділяється забезпеченню офлайн-функціональності для регіонів з обмеженим доступом до інтернету. Регулятор співпрацює з комерційними банками для розробки механізмів дистрибуції цифрової валюти. Bank of Thailand реалізує Project InthaNen для дослідження можливостей використання CBDC для оптових та роздрібних платежів. Пілотна програма включає тестування транскордонних розрахунків з центральними

банками Гонконгу, ОАЕ та Китаю. Система підтримує програмовані платежі через смарт-контракти та інтеграцію з існуючою фінансовою інфраструктурою.

Банк міжнародних розрахунків (BIS) координує проекти мультивалютних CBDC через InNevation Hub. Project mBridge об'єднує центральні банки Китаю, Гонконгу, Таїланду та ОАЕ для тестування транскордонних платежів. Project Dunbar досліджує можливості створення спільної платформи для оптових CBDC. Project Jura тестує транскордонні розрахунки між Францією та Швейцарією [28].

Технічні аспекти реалізації CBDC включають вибір архітектури системи, механізмів консенсусу, моделей доступу. Більшість центральних банків віддають перевагу дворівневій моделі, де базова інфраструктура контролюється регулятором, а дистрибуція здійснюється через комерційні банки. Гібридні архітектури поєднують елементи централізованих та розподілених систем для оптимального балансу між продуктивністю та надійністю. Регулювання смарт-контрактів та децентралізованих фінансів (DeFi) залишається викликом для наглядових органів. Відсутність юридичної особи-оператора та транскордонний характер протоколів ускладнюють застосування традиційних механізмів нагляду. Регулятори розробляють нові підходи до контролю ризиків у децентралізованих системах, включаючи вимоги до коду смарт-контрактів та механізми моніторингу транзакцій.

3.3. Перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн

Інтеграція блокчейн-технологій у національні фінансові системи відбувається з різною швидкістю та інтенсивністю, відображаючи специфіку економічного розвитку та регуляторного середовища кожної країни. Статистика показує експоненціальне зростання інвестицій у блокчейн-проекти фінансового сектору – з 1.5 мільярда доларів у 2018 році до 30.7 мільярда

доларів у 2023 році. Провідні фінансові центри активно розвивають інфраструктуру та нормативну базу для впровадження блокчейну в ключові сегменти фінансового ринку.

Сінгапур демонструє найбільш системний підхід до інтеграції блокчейну у фінансову систему через програму Project Ubin, реалізовану центральним банком у співпраці з провідними фінансовими установами. Платформа забезпечує проведення міжбанківських розрахунків у режимі реального часу з використанням токенизованих активів. Monetary Authority of Singapore створив регуляторну пісочницю для тестування інноваційних блокчейн-рішень та надає гранти на розвиток перспективних проєктів. Швейцарія позиціонується як глобальний хаб для блокчейн-інновацій, створюючи сприятливе середовище для розвитку криптовалютних банків та інфраструктурних проєктів. SIX Swiss Exchange запустила регульовану платформу для торгівлі цифровими активами SDX, що забезпечує атомарні розрахунки в режимі реального часу. Кантон Цуг, відомий як «Криптодолина», залучив сотні блокчейн-компаній через прогресивне регулювання та податкові стимули. Об'єднані Арабські Емірати реалізують амбітну стратегію впровадження блокчейну в державний та фінансовий сектори. Dubai International Financial Centre створив спеціальний режим для компаній, що працюють з цифровими активами. Abu Dhabi Global Market впровадив комплексну систему регулювання криптовалютних операцій. Emirates NBD успішно впровадив блокчейн для автоматизації торгового фінансування.

Японія демонструє один з найбільш комплексних та збалансованих підходів до інтеграції блокчейн-технологій у національну фінансову систему. Financial Services Agency (FSA) розробила чітку регуляторну базу для операцій з криптоактивами через Payment Services Act та Financial Instruments and Exchange Act. Законодавство визначає правовий статус криптовалют як засобу платежу, встановлює вимоги до ліцензування криптовалютних бірж, регулює випуск токенизованих цінних паперів.

SBI Holdings, один з найбільших фінансових конгломератів Японії, реалізує масштабну стратегію впровадження блокчейн-технологій через мережу дочірніх компаній. SBI Ripple Asia, спільне підприємство з Ripple Labs, розгорнуло платформу RippleNet для міжнародних переказів, яка об'єднує понад 60 японських банків. Мережа забезпечує проведення транскордонних платежів з Південною Кореєю, Таїландом, В'єтнамом та іншими країнами регіону в режимі реального часу з мінімальними комісіями.

SBI VC Trade, регульована криптовалютна біржа групи, надає послуги торгівлі цифровими активами інституційним та роздрібним клієнтам. Платформа підтримує маржинальну торгівлю, деривативи, стейкінг криптовалют. SBI Securities впровадила можливість інвестування в криптовалютні фонди для роздрібних клієнтів. SBI Mining Chip розробляє спеціалізоване обладнання для майнінгу криптовалют з використанням відновлюваних джерел енергії.

Mizuho Financial Group, друга за розміром банківська група Японії, активно впроваджує блокчейн для модернізації фінансових сервісів. J-Coin Pay, цифрова платіжна платформа Mizuho, використовує технологію розподіленого реєстру для обробки роздрібних платежів. Система об'єднує понад 60 регіональних банків та забезпечує миттєві перекази між учасниками мережі. Mizuho також тестує використання смарт-контрактів для автоматизації торгового фінансування та синдикованого кредитування.

Mitsubishi UFJ Financial Group (MUFG), найбільший фінансовий конгломерат Японії, розвиває власну блокчейн-платформу для корпоративних клієнтів. MUFG Coin забезпечує проведення великих платежів між компаніями з автоматичним виконанням умов угод через смарт-контракти. Банк також бере участь у консорціумі Marco Polo для цифровізації торгового фінансування на базі технології R3 Corda. MUFG Trust впроваджує блокчейн для автоматизації процесів зберігання та обслуговування цінних паперів.

Sumitomo Mitsui Banking Corporation (SMBC) фокусується на використанні блокчейну для оптимізації міжнародних операцій. Банк приєднався до

платформи Contour для цифровізації акредитивів, що дозволило знизити час обробки документів з тижнів до днів. SMBC також тестує використання стейблкоїнів для транскордонних розрахунків у співпраці з іншими азійськими банками. Підрозділ SMBC Nikko Securities впроваджує токенизацію фінансових інструментів на блокчейні.

Japan Exchange Group (JPX), оператор Токійської фондової біржі, реалізує комплексну програму модернізації інфраструктури з використанням блокчейну. Proof-of-Concept тестування продемонструвало можливість скорочення циклу розрахунків за угодами з акціями з T+2 до T+0. JPX також досліджує можливості токенизації традиційних фінансових інструментів та створення регульованої платформи для торгівлі цифровими активами. Особлива увага приділяється забезпеченню сумісності з міжнародними стандартами та системами.

Japan Securities Clearing Corporation (JSCC) тестує використання блокчейну для оптимізації процесів клірингу та управління ризиками. Платформа забезпечує автоматичний розрахунок маржинальних вимог та проведення неттінгу позицій учасників. Смарт-контракти автоматизують процеси внесення та повернення забезпечення. Система також підтримує розрахунки в цифрових активах при збереженні високих стандартів надійності та безпеки.

Японська асоціація банкірів (JBA) координує галузеві ініціативи з впровадження блокчейну через робочу групу з цифрових інновацій. Асоціація розробила стандарти взаємодії між банківськими блокчейн-платформами, рекомендації щодо управління ризиками при роботі з цифровими активами. JBA також сприяє обміну досвідом та кращими практиками між учасниками фінансового ринку.

Bank of Japan активно досліджує можливості використання блокчейну для модернізації платіжної системи. Project Stella, реалізований у співпраці з Європейським центральним банком, продемонстрував потенціал технології для міжбанківських розрахунків. Центральний банк також вивчає перспективи

випуску цифрової єни з використанням розподіленого реєстру. Особлива увага приділяється питанням масштабованості та кібербезпеки.

Japan Virtual Currency Exchange Association (JVCEA) виконує функції саморегулювальної організації галузі під наглядом FSA. Асоціація розробляє стандарти операційної діяльності, проводить навчання персоналу, здійснює моніторинг дотримання правил учасниками ринку. JVCEA також координує взаємодію індустрії з регуляторами та правоохоронними органами щодо протидії відмиванню коштів та шахрайству.

Mitsubishi Research Institute активно досліджує перспективи розвитку блокчейн-технологій у фінансовому секторі Японії. Аналітики прогнозують зростання обсягу токенизованих активів до 100 трильйонів єн до 2025 року. Основними драйверами розвитку визначені підвищення ефективності фінансових операцій, розширення доступу до інвестиційних продуктів, створення нових бізнес-моделей на базі смарт-контрактів.

Південна Корея активно розвиває блокчейн-інфраструктуру через державно-приватне партнерство. Korea Exchange тестує платформу для торгівлі цифровими активами. Банківський консорціум на чолі з Shinhan Bank впроваджує блокчейн для автоматизації процесів Know Your Customer. Samsung SDS розробляє корпоративні блокчейн-рішення для фінансового сектору.

Австралія демонструє прагматичний підхід до впровадження блокчейну через модернізацію ключових елементів фінансової інфраструктури. ASX реалізує масштабний проект переведення післяторгової системи на блокчейн-платформу. Reserve Bank of Australia досліджує можливості випуску оптової CBDC для міжбанківських розрахунків. National Australia Bank випустив токенизовані облігації на блокчейні.

Канада розвиває блокчейн-проекти через співпрацю регуляторів та приватного сектору. Bank of Canada реалізував Project Jasper для тестування міжбанківських розрахунків на блокчейні. TMX Group досліджує можливості токенизації фінансових інструментів. Royal Bank of Canada впроваджує технологію для автоматизації торгового фінансування.

Велика Британія створює сприятливе середовище для блокчейн-інновацій через програму регуляторної пісочниці FCA. London Stock Exchange Group інвестує в розвиток інфраструктури для цифрових активів. Консорціум провідних банків тестує блокчейн-платформу для синдикуваного кредитування. Bank of England досліджує можливості випуску цифрового фунта.

Індія демонструє зростаючий інтерес до блокчейн-технологій через ініціативи державного та приватного секторів. Reserve Bank of India тестує цифрову рупію для роздрібних та оптових платежів. National Stock Exchange впроваджує технологію для модернізації клірингу та розрахунків. ICICI Bank використовує блокчейн для міжнародних переказів.

Латиноамериканський регіон демонструє активний розвиток блокчейн-технологій у фінансовому секторі, з Бразилією та Мексикою як лідерами впровадження інновацій. Banco Central do Brasil реалізував революційний проект PIER (Platform for Information Exchange between Regulators), який забезпечує захищений обмін даними між фінансовими регуляторами на базі блокчейну. Платформа об'єднує центральний банк, комісію з цінних паперів (CVM), регулятор страхового ринку (SUSEP) та пенсійний регулятор (PREVIC), створюючи єдиний інформаційний простір для нагляду за фінансовим сектором.

B3, найбільша фондова біржа Латинської Америки, розгорнула масштабну програму токенизації фінансових активів на блокчейні. Пілотні проекти включають випуск токенизованих корпоративних облігацій (debentures), сільськогосподарських розписок (CPRs) та інвестиційних фондів. Технологічна платформа забезпечує повний життєвий цикл цифрових активів – від емісії та торгівлі до корпоративних дій та розрахунків. Обсяг токенизованих активів на B3 досяг 5 мільярдів реалів у 2023 році. Консорціум провідних бразильських банків, включаючи Itaú Unibanco, Banco do Brasil та Bradesco, впровадив блокчейн-платформу для автоматизації документарних операцій. Система забезпечує цифровізацію акредитивів, банківських гарантій та інших торгових

інструментів з використанням смарт-контрактів. За перший рік роботи через платформу проведено операцій на суму понад 10 мільярдів реалів, що демонструє високий попит на технологічні рішення для оптимізації торгового фінансування.

Banco do Brasil, найбільший державний банк країни, розвиває власну блокчейн-платформу для корпоративних клієнтів. Система забезпечує автоматизацію процесів факторингу, управління ланцюгами поставок, синдикуваного кредитування. Смарт-контракти автоматично виконують умови фінансування на основі підтверджених даних про поставки товарів та надання послуг. Платформа також інтегрована з державними реєстрами для верифікації документів та перевірки контрагентів. У Мексиці Banco de México (Banxico) реалізує комплексну програму дослідження та розробки цифрового песо на базі блокчейну. Центральний банк тестує різні технологічні рішення для забезпечення масштабованості, безпеки та конфіденційності транзакцій. Особлива увага приділяється питанням фінансової інклюзивності та можливості здійснення офлайн-платежів. Пілотна програма цифрового песо планується до запуску в 2025 році. Bolsa Mexicana de Valores (BMV) розвиває інноваційну платформу для торгівлі цифровими активами з використанням технології розподіленого реєстру. Проект включає токенизацію традиційних фінансових інструментів, створення інфраструктури для первинного розміщення цифрових активів, впровадження смарт-контрактів для автоматизації корпоративних дій. BMV також співпрацює з міжнародними біржами для забезпечення транскордонної торгівлі токенизованими активами. Консорціум мексиканських банків на чолі з BBVA México та Banorte впроваджує блокчейн-платформу для оптимізації міжбанківських розрахунків. Система забезпечує проведення платежів у режимі реального часу з автоматичною звіркою позицій учасників. Використання смарт-контрактів дозволяє реалізувати складні схеми розрахунків та управління ліквідністю. За оцінками учасників, впровадження технології дозволить знизити операційні витрати на 40%.

Національна система миттєвих платежів CoDi, запроваджена Центральним банком Мексики (Banxico), є масштабним проєктом, спрямованим на цифровізацію платіжної інфраструктури країни. В умовах глобального поширення цифрових рішень у фінансовій сфері, ця система є однією з передових ініціатив, яка інтегрує новітні технології, зокрема елементи блокчейну, для забезпечення безпеки та прозорості операцій. Мета CoDi полягає не лише у спрощенні доступу до фінансових послуг, а й у створенні інклюзивної платформи, яка могла б стати основою для більш стійкої і прозорої економіки.

Розглянемо ключові аспекти CoDi, що пояснюють її значущість та інноваційність. Насамперед, система CoDi розроблена як інструмент для здійснення миттєвих роздрібних платежів за допомогою QR-кодів і push-повідомлень. Це означає, що користувачі можуть сканувати QR-коди через додатки на своїх мобільних пристроях, що дозволяє їм здійснювати миттєві платежі без необхідності використовувати банківські картки чи фізичні термінали. Така технологія робить систему CoDi зручною для використання широкими верствами населення, зокрема для тих, хто раніше не мав доступу до банківських послуг через відсутність банківських рахунків або фінансових знань. Простота використання CoDi через QR-коди є критично важливою для фінансової інклюзії, що особливо актуально в умовах мексиканської економіки, де велика кількість населення залишається поза межами традиційної фінансової системи.

Одним із важливих технологічних аспектів платформи CoDi є її інтеграція з елементами блокчейну, що є досить новим підходом для національних платіжних систем. Блокчейн дозволяє створити розподілений реєстр, у якому кожна транзакція записується у незмінному вигляді, що підвищує рівень захищеності даних та їхньої прозорості. Завдяки блокчейну транзакції CoDi є простежуваними, а дані про них — доступними для учасників системи. Це забезпечує високу швидкість перевірки транзакцій, що знижує час на обробку платежів до мінімуму. Окрім цього, використання блокчейну гарантує, що дані

не можуть бути змінені після внесення в реєстр, що дозволяє уникнути шахрайства та сприяє підвищенню довіри з боку користувачів.

Наразі CoDi об'єднує понад 50 фінансових установ, включаючи банки, фінансові компанії та мікрофінансові організації. Така кооперація є результатом добре продуманої архітектури системи, яка дозволяє учасникам оперативно обмінюватися даними і мати доступ до єдиного джерела інформації про транзакції. Спільне використання даних та можливість їхнього контролю всіма учасниками створюють ефективне середовище для взаємодії і зменшують ризики шахрайства. Крім того, інтеграція блокчейну робить систему CoDi практично непроникною для зовнішніх втручань, що є вагомою перевагою у фінансовій галузі, де безпека даних має критичне значення.

Іншою важливою характеристикою CoDi є те, що вона була розроблена з урахуванням потреб у забезпеченні інклюзії та доступу до фінансових послуг для громадян, які живуть у сільській місцевості або не мають стабільного доступу до банківських установ. Традиційні фінансові сервіси часто недоступні для таких громад через високу вартість обслуговування або віддаленість банківських відділень. Завдяки простоті використання CoDi та її доступності через мобільні пристрої система дозволяє людям, які не мають банківських рахунків, брати участь у фінансових операціях. CoDi надає можливість оплатити послуги, купити товари, а також пересилати кошти між користувачами миттєво і без значних витрат.

Використання QR-кодів у CoDi дозволяє не тільки спрощувати процедуру здійснення платежів, але й знижує потребу в додаткових витратах на технічне обслуговування. У звичайних умовах бізнеси повинні вкладати значні кошти в обладнання, яке забезпечує обробку банківських карток або інші традиційні методи оплати. Завдяки CoDi та QR-кодам необхідність у такому обладнанні зникає, оскільки для здійснення платежу достатньо лише мобільного пристрою, що означає, що дрібні підприємства та окремі продавці можуть приймати платежі без необхідності інвестувати в дороге обладнання, що є суттєвою перевагою для малого бізнесу. Ще одним важливим елементом є інтеграція

CoDi з існуючими банківськими додатками, що дозволяє користувачам здійснювати платежі без потреби у створенні нових акаунтів чи використанні окремих додатків. Інтерфейс CoDi інтегрований в мобільні додатки банків, що є зручним для користувачів, оскільки вони можуть здійснювати платежі безпосередньо через банківський додаток, з яким вони вже знайомі. Універсальність CoDi забезпечує високу швидкість поширення серед населення, оскільки користувачам не потрібно завантажувати окремі додатки або проходити нові процедури реєстрації. Усе це сприяє швидкій адаптації CoDi на ринку та її популярності серед користувачів різного віку і соціального статусу.

З огляду на вищезгадане, CoDi є не просто платіжною платформою, а справжнім каталізатором змін у фінансовій екосистемі Мексики. Вона формує новий підхід до платіжних послуг, який відповідає на вимоги сучасного ринку щодо швидкості, безпеки і доступності. Її вплив можна розглядати у трьох основних напрямках: розширення доступу до фінансових послуг, зниження транзакційних витрат та підвищення прозорості. Кожен із цих напрямків є критично важливим для побудови інклюзивної економіки, в якій кожен громадянин має доступ до цифрових фінансових інструментів незалежно від свого місця проживання чи соціального статусу.

У перспективі CoDi може стати основою для впровадження інших цифрових інновацій, які підвищать ефективність фінансового сектору в Мексиці. В обох країнах розвиток блокчейн-технологій супроводжується формуванням відповідної регуляторної бази. Бразильська комісія з цінних паперів (CVM) розробила спеціальний режим для випуску та обігу токенизованих активів. Мексиканська національна банківська комісія (CNBV) встановила вимоги до операторів платформ цифрових активів. Регулятори також координують зусилля щодо протидії використанню блокчейн-технологій для відмивання коштів та фінансування тероризму.

Фінансові технологічні компанії (fintech) активно впроваджують блокчейн для створення інноваційних сервісів. Бразильський Nubank, найбільший

цифровий банк Латинської Америки, запустив платформу для інвестицій у криптоактиви. Мексиканський Bitso розвиває інфраструктуру для транскордонних платежів з використанням цифрових валют. Стартапи отримують підтримку через спеціальні програми регуляторних пісочниць та інноваційних хабів.

У Мексиці спостерігається активний розвиток блокчейн–екосистеми. Центральний банк країни, Banco de México, досліджує можливості випуску цифрової валюти – цифрового песо, що свідчить про потенціал запровадження державної цифрової валюти на основі блокчейну, що може підвищити ефективність грошового обігу та сприяти фінансовій інклюзії. Мексиканська фондова біржа, Bolsa Mexicana de Valores, також працює над створенням платформи для торгівлі цифровими активами, що відкриває нові можливості для інвесторів та сприяє розвитку ринку цифрових активів у країні. Крім того, банківський консорціум у Мексиці тестує використання блокчейну для міжбанківських розрахунків, що може значно спростити та прискорити процеси розрахунків між фінансовими установами. У Південній Африці також спостерігається значний прогрес у впровадженні блокчейн–технологій. Центральний банк країни реалізував проект Khokha, який спрямований на дослідження можливостей використання блокчейну для міжбанківських розрахунків та емісії цифрових активів, що демонструє зацікавленість регулятора у потенціалі блокчейну для підвищення ефективності та безпеки фінансової системи. Фондова біржа Йоганнесбурга (Johannesburg Stock Exchange) також досліджує можливості токенизації цінних паперів на основі блокчейну, що може спростити процеси випуску та обігу цінних паперів, а також залучити нових інвесторів. Великі банки Південної Африки, такі як Standard Bank та FirstRand Bank, впроваджують блокчейн–рішення для автоматизації торгового фінансування та здійснення міжнародних переказів, що підвищує ефективність та безпеку цих операцій.

Підсумовуючи, можна зазначити, що Мексика та Південна Африка демонструють значні зусилля щодо інтеграції блокчейн–технологій у свої

фінансові системи. Центральні банки цих країн активно досліджують можливості випуску цифрових валют та використання блокчейну для міжбанківських розрахунків. Фондові біржі працюють над створенням платформ для торгівлі цифровими активами та токенизації цінних паперів. Банки впроваджують блокчейн-рішення для оптимізації процесів торгового фінансування та міжнародних переказів, ініціативи свідчать про зростаючу роль блокчейну у трансформації фінансових систем та прагнення країн використовувати переваги цієї технології для підвищення ефективності, прозорості та доступності фінансових послуг. Досвід Мексики та Південної Африки може слугувати прикладом для інших країн, які розглядають можливості впровадження блокчейну у свої фінансові інфраструктури. Успішна реалізація цих ініціатив вимагає тісної співпраці між регуляторами, фінансовими установами та технологічними компаніями для створення сприятливого правового та технологічного середовища. Важливо також враховувати потенційні ризики та виклики, пов'язані з блокчейном, такі як питання конфіденційності даних, масштабованості та сумісності з існуючими системами. У довгостроковій перспективі успішна інтеграція блокчейну у фінансові системи Мексики, Південної Африки та інших країн може стати каталізатором для розвитку більш ефективної, прозорої та інклюзивної глобальної фінансової екосистеми, що сприятиме розширенню доступу до фінансових послуг, зниженню витрат на транзакції, підвищенню безпеки та зменшенню ризиків шахрайства. Водночас, важливо забезпечити відповідний рівень регулювання та захисту прав споживачів в умовах зростаючого використання блокчейн-технологій у фінансовій сфері.

Аналіз міжнародного досвіду впровадження блокчейн-технологій у фінансовий сектор демонструє необхідність розробки комплексного підходу до модернізації національної фінансової системи. Україна, маючи розвинену ІТ-індустрію та значний потенціал для технологічних інновацій, потребує системного переосмислення архітектури фінансового ринку з урахуванням можливостей розподілених реєстрів.

Трансформаційні процеси у фінансовому секторі України потребують впровадження інноваційної моделі на основі блокчейн-технологій, здатної забезпечити якісно новий рівень ефективності, прозорості та безпеки фінансових операцій. Ми пропонуємо інтеграційну модель, що являє багаторівневу архітектуру, адаптовану під специфіку національного ринку та регуляторного середовища.

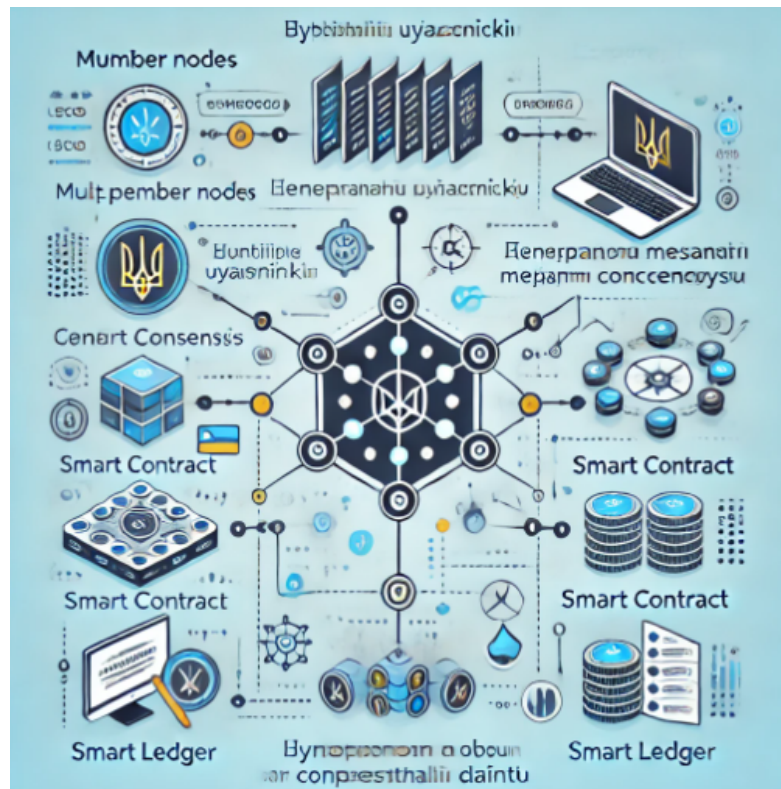


Рис. 3.1. Модель блокчейн-платформи консорціумного типу

Джерело: розроблено автором

Технологічною основою моделі виступає гібридна блокчейн-платформа, побудована на принципах консорціумного управління. Базовий рівень інфраструктури формується розподіленою мережею вузлів, які підтримуються ліцензованими фінансовими установами під наглядом регуляторів. Механізм консенсусу Proof-of-Authority забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю мережі та рівнем децентралізації. Валідатори обираються на основі комплексної оцінки технологічної спроможності, фінансової стійкості та регуляторної відповідності.

Архітектура платформи реалізує концепцію відокремлених каналів для різних типів фінансових операцій. Основний канал міжбанківських розрахунків забезпечує проведення платежів між учасниками в режимі реального часу з автоматичним взаємозаліком позицій. Смарт-контракти реалізують механізми управління ліквідністю, включаючи автоматичне залучення забезпечення при нестачі коштів. Система підтримує проведення платежів у національній та іноземних валютах з дотриманням регуляторних обмежень.

Канал торгового фінансування об'єднує банки, страхові компанії, торгові майданчики для цифровізації документарних операцій. Смарт-контракти автоматизують життєвий цикл акредитивів та гарантій – від подання заявки до закриття угоди. Інтеграція з системами електронного документообігу забезпечує верифікацію товаросупровідних документів. Механізми розподілу ризиків дозволяють залучати декілька фінансових установ до великих угод.

Модуль синдикуваного кредитування реалізує повний цикл структурування та супроводу кредитних угод. Смарт-контракти автоматизують процеси формування синдикату, розподілу часток участі, моніторингу виконання кредитних договорів. Вбудовані механізми оцінки ризиків аналізують фінансовий стан позичальників на основі даних з множинних джерел. Система підтримує гнучкі схеми забезпечення, включаючи пули активів з різними характеристиками.

Інфраструктурне ядро доповнюється спеціалізованими модулями для роботи з цифровими активами. Механізми токенизації забезпечують випуск та обіг цифрових аналогів традиційних фінансових інструментів – акцій, облігацій, інвестиційних сертифікатів. Смарт-контракти реалізують корпоративні права, автоматизують нарахування доходів, забезпечують проведення голосувань. Підтримується створення гібридних інструментів з комплексними умовами погашення та механізмами участі в прибутку. Модуль факторингу впроваджує цифровий облік дебіторської заборгованості та автоматизоване фінансування постачальників. Смарт-контракти забезпечують верифікацію поставок, розрахунок лімітів фінансування, управління

регресними вимогами. Інтеграція з системами електронного документообігу мінімізує ризики подвійного фінансування. Механізми оцінки дебіторів враховують історичні дані про платіжну дисципліну.

Архітектура платформи передбачає створення шлюзів для інтеграції з зовнішніми системами. Стандартизовані протоколи забезпечують взаємодію з міжнародними платіжними системами, торговими майданчиками, депозитарними установами. Підтримка механізмів крос-чейн транзакцій дозволяє працювати з активами на різних блокчейн-платформах. Інтерфейси прикладного програмування спрощують інтеграцію функціоналу в системи обслуговування клієнтів. Регуляторна інфраструктура реалізує багаторівневий контроль за операціями учасників. Смарт-контракти автоматично перевіряють відповідність транзакцій нормативним вимогам, включаючи ліміти, економічні нормативи, валютні обмеження. Вбудовані механізми фінансового моніторингу аналізують операції на предмет підозрілої активності. Регулятори отримують доступ до даних через спеціалізовані інтерфейси з розмежуванням повноважень.

Впровадження функціоналу платформи реалізується поетапно з урахуванням технологічної готовності учасників та розвитку нормативної бази. Початковий етап включає розгортання базової інфраструктури міжбанківських розрахунків та пілотних проектів у сфері документарних операцій. Наступні етапи передбачають запуск модулів цифрових активів, синдикованого кредитування, факторингу. Завершальна фаза забезпечує повномасштабну інтеграцію з міжнародними ринками.

Система управління розвитком платформи базується на багаторівневій структурі профільних комітетів. Стратегічний комітет, сформований представниками регуляторів та провідних учасників ринку, визначає пріоритетні напрямки розвитку функціоналу. Технічний комітет розробляє специфікації, стандарти взаємодії, вимоги до безпеки. Операційний комітет забезпечує координацію поточної діяльності учасників мережі.

Економічна модель платформи передбачає фінансування розвитку за рахунок внесків учасників консорціуму пропорційно планованим обсягам операцій. Операційні витрати покриваються комісіями за проведення транзакцій, розподіл яких стимулює валідаторів підтримувати високу якість обслуговування. Додаткові джерела включають кошти міжнародних програм розвитку фінансової інфраструктури. Впровадження моделі створює передумови для появи інноваційних фінансових продуктів. Токенізація аграрних активів розширює можливості фінансування сільгоспвиробників. Смарт-контракти реалізують параметричне страхування на основі об'єктивних індикаторів. Механізми децентралізованого фінансування забезпечують емісію проектних облігацій для локальних ініціатив. Інтеграція програм лояльності дозволяє монетизувати бонусні бали.

Масштабування платформи вимагає вирішення комплексу технологічних завдань. Механізми консенсусу мають забезпечувати обробку зростаючого потоку транзакцій при збереженні надійності мережі. Смарт-контракти потребують процедур безпечного оновлення для усунення вразливостей. Критичним залишається захист конфіденційних даних при збереженні можливості регуляторного нагляду. Управління операційними ризиками реалізується через багаторівневу систему контролю. Тестування смарт-контрактів включає формальну верифікацію коду та стрес-тестування граничних умов. Моніторинг стану вузлів забезпечує раннє виявлення аномалій в роботі мережі. Механізми резервного копіювання гарантують збереження даних при збоях обладнання. Процедури відновлення дозволяють швидко відновити працездатність сервісів.

Розвиток нормативної бази синхронізується з впровадженням технологічних рішень. Законодавчі зміни визначають правовий статус смарт-контрактів, механізми цифрової ідентифікації, процедури емісії токенізованих активів. Регулятори отримують повноваження та інструменти для ефективного нагляду за діяльністю учасників мережі. Стандарти інформаційної безпеки встановлюють вимоги до захисту критичної інфраструктури.

Соціально-економічний ефект від впровадження моделі в Україні проявляється у зниженні вартості фінансових послуг, розширенні доступу населення до банківських продуктів, прискоренні розрахунків для бізнесу. Токенізація активів створює нові інвестиційні можливості для громадян. Підвищення прозорості операцій знижує ризики шахрайства та відмивання коштів. Розвиток цифрової інфраструктури стимулює появу інноваційних фінансових сервісів.

Запропонована модель формує технологічний фундамент для подальшої цифровізації фінансового сектору України. Розвиток механізмів цифрової ідентифікації створює передумови для повністю дистанційного обслуговування. Інтеграція з промисловим інтернетом речей автоматизує фінансування виробничих процесів. Технології розподіленого реєстру забезпечують емісію цифрових активів. Смарт-контракти реалізують механізми програмованих грошей. Стандартизація протоколів взаємодії та підтримка міжнародних форматів даних створює передумови для інтеграції національного фінансового ринку в глобальну цифрову економіку. Механізми крос-чейн транзакцій забезпечують роботу з закордонними цифровими активами. Уніфіковані процедури ідентифікації спрощують доступ міжнародних інвесторів. Сумісність з провідними блокчейн-платформами розширює можливості для транскордонної взаємодії.

Запропонована модель представляє системне бачення розвитку блокчейн-інфраструктури фінансового ринку України. Поетапне впровадження функціоналу з урахуванням технологічної готовності учасників та регуляторних обмежень забезпечує сталий розвиток екосистеми. Формування консорціуму під егідою регуляторів гарантує збалансований розвиток платформи в інтересах всіх стейкхолдерів. Результати впровадження створюють передумови для подальшої цифрової трансформації фінансового сектору України та інтеграції в глобальні ринки.

ВИСНОВКИ

1. Розкрито сутність блокчейн-технологій як децентралізованої, розподіленої бази даних, яка функціонує на основі принципів незмінності, прозорості, консенсусу та криптографічного захисту. Блокчейн являє собою ланцюжок блоків, кожен з яких містить певну кількість транзакцій. Дані в блокчейні зберігаються на множині комп'ютерів, що забезпечує високу стійкість до збоїв та хакерських атак. Кожна транзакція в блокчейні проходить процес верифікації та підтверджується консенсусом учасників мережі. Використання криптографічних алгоритмів гарантує цілісність та незмінність даних у блокчейні, принципи роблять технологію блокчейн надійною, прозорою та безпечною, що відкриває широкі можливості для її застосування у різних сферах, зокрема у фінансовій системі.

2. Досліджено історичний розвиток блокчейну від появи першої криптовалюти Bitcoin до розширення сфер застосування технології у різних галузях економіки та фінансів. Концепція блокчейну була вперше реалізована у 2008 році з появою Bitcoin – децентралізованої цифрової валюти, яка функціонує без централізованого управління. Згодом технологія блокчейн почала привертати увагу не лише як основа для криптовалют, а й як потужний інструмент для створення децентралізованих застосунків (dApps), розумних контрактів та токенизації активів. З часом блокчейн знайшов застосування у різних галузях, таких як фінанси, логістика, охорона здоров'я, державне управління тощо. Еволюція блокчейну привела до появи нових платформ та протоколів, таких як Ethereum, Hyperledger, EOS, які розширили можливості технології та сприяли її масовому впровадженню.

3. Охарактеризовано основні види блокчейнів (публічні, приватні, консорціумні) та здійснено їх класифікацію за критеріями доступності, управління та цільового призначення. Публічні блокчейни, такі як Bitcoin та Ethereum, є повністю децентралізованими та відкритими для всіх учасників. Приватні блокчейни, навпаки, мають обмежений доступ та контролюються

однією організацією. Консорціумні блокчейни знаходяться посередині, де управління здійснюється групою організацій. Залежно від цільового призначення, блокчейни можуть бути розподілені на блокчейни для криптовалют, блокчейни для розумних контрактів, блокчейни для зберігання даних тощо. Кожен тип блокчейну має свої особливості, переваги та недоліки, що визначає їх придатність для конкретних застосувань та сценаріїв використання.

4. Визначено ключову роль блокчейну в децентралізації фінансових систем через усунення посередників, підвищення ефективності та зниження витрат на фінансові операції. Блокчейн дозволяє проводити фінансові транзакції безпосередньо між учасниками без необхідності залучення третіх сторін, таких як банки чи платіжні системи, що усуває потребу в довірених посередниках, знижує комісійні витрати та прискорює процес проведення транзакцій. Децентралізована природа блокчейну підвищує стійкість фінансової системи до збоїв та зловмисних дій, оскільки дані зберігаються на множині вузлів мережі. Крім того, блокчейн забезпечує прозорість та незмінність фінансових записів, що зменшує ризики шахрайства та підвищує довіру між учасниками фінансових відносин.

5. Проаналізовано практичне використання блокчейну у банківській сфері для оптимізації процесів, підвищення безпеки та зниження операційних ризиків. Банки активно досліджують та впроваджують блокчейн-технології для вдосконалення своїх послуг та операцій. Блокчейн дозволяє автоматизувати та спростити процеси клірингу та розрахунків, зменшуючи час на проведення транзакцій та знижуючи операційні витрати. Використання розумних контрактів на основі блокчейну дозволяє автоматизувати виконання договірних зобов'язань та мінімізувати ризики шахрайства. Блокчейн також підвищує безпеку зберігання та передачі фінансових даних завдяки криптографічному захисту та розподіленій архітектурі. Крім того, блокчейн відкриває можливості для створення нових банківських продуктів та послуг, таких як цифрові ідентифікатори, токенизація активів та децентралізовані фінанси (DeFi).

6. Досліджено застосування криптовалют як інноваційного фінансового інструменту, що базується на технології блокчейн та має потенціал трансформувати традиційні платіжні системи. Криптовалюти, такі як Bitcoin, Ethereum, Litecoin тощо, є цифровими активами, які функціонують на базі блокчейну. Вони пропонують альтернативу традиційним фіатним валютам та забезпечують швидкі, безпечні та низьковитратні транзакції без залучення посередників. Криптовалюти мають потенціал демократизації доступу до фінансових послуг, особливо для людей, які не мають доступу до традиційних банківських послуг. Вони також відкривають нові можливості для транскордонних платежів, зменшуючи залежність від централізованих платіжних систем та знижуючи комісійні витрати. Однак, впровадження криптовалют також пов'язане з певними викликами, такими як волатильність цін, регуляторна невизначеність та ризики відмивання грошей.

7. Вивчено можливості використання блокчейну для спрощення та прискорення міжнародних платежів і розрахунків, забезпечення їх прозорості та зниження транзакційних витрат. Блокчейн має значний потенціал для трансформації системи міжнародних платежів, яка на сьогодні є складною, повільною та витратною. Використання блокчейну дозволяє здійснювати транскордонні платежі швидше, дешевше та безпечніше, усуваючи потребу в численних посередниках та зменшуючи ризики втрати чи затримки платежів. Блокчейн забезпечує прозорість та відстежуваність транзакцій, що полегшує процес підтвердження платежів та зменшує ризики шахрайства. Крім того, блокчейн дозволяє автоматизувати процеси комплаєнсу та спростити процедури Know Your Customer (KYC) та Anti-Money Laundering (AML) завдяки використанню цифрових ідентифікаторів та розумних контрактів.

8. Обґрунтовано потенціал блокчейну як інструменту підвищення прозорості та безпеки фінансових операцій завдяки незмінності даних, консенсусному механізму та криптографічному захисту. Однією з ключових переваг блокчейну є забезпечення прозорості та цілісності фінансових даних. Завдяки розподіленій структурі блокчейну, всі транзакції реєструються у

відкритому реєстрі, який доступний для перегляду всім учасникам мережі, що забезпечує високий рівень прозорості та дозволяє легко відстежувати рух коштів. Механізм консенсусу в блокчейні гарантує, що всі учасники мережі погоджуються з достовірністю транзакцій, що запобігає шахрайству та подвійним витратам. Криптографічні алгоритми, такі як хешування та цифрові підписи, забезпечують захист даних від несанкціонованого доступу та зміни, властивості блокчейну роблять його потужним інструментом для підвищення безпеки та надійності фінансових операцій.

9. Проаналізовано розвиток регуляторних політик щодо блокчейн-технологій у світовій фінансовій системі, спрямованих на створення сприятливого правового середовища для їх впровадження та використання. Зі зростанням популярності блокчейну та криптовалют, регулятори у всьому світі почали розробляти політики та нормативні акти для врегулювання цієї сфери. Основними завданнями регулювання є забезпечення захисту прав споживачів, запобігання відмиванню грошей та фінансуванню тероризму, а також сприяння інноваціям та розвитку блокчейн-індустрії. Країни застосовують різні підходи до регулювання блокчейну, від повної заборони криптовалют до створення сприятливих умов для їх використання. Важливими аспектами регулювання є ліцензування діяльності блокчейн-компаній, оподаткування операцій з криптовалютами, вимоги до ідентифікації клієнтів (KYC) та протидії відмиванню грошей (AML). Ефективне регулювання блокчейн-технологій вимагає балансу між забезпеченням безпеки та стабільності фінансової системи та стимулюванням інновацій у цій сфері.

10. Оцінено перспективи інтеграції блокчейну у фінансові системи різних країн як інструменту підвищення ефективності, прозорості та доступності фінансових послуг. Блокчейн має значний потенціал для трансформації фінансових систем у всьому світі. Впровадження блокчейну може сприяти підвищенню ефективності фінансових операцій, зменшенню витрат та прискоренню транзакцій. Прозорість блокчейну дозволяє підвищити довіру до фінансових установ та зменшити ризики шахрайства. Блокчейн також

відкриває можливості для розширення доступу до фінансових послуг, особливо для людей, які не охоплені традиційною банківською системою. Однак, успішна інтеграція блокчейну у фінансові системи вимагає вирішення низки викликів, таких як масштабованість, сумісність з існуючими системами, регуляторна ясність та забезпечення безпеки. Країни, які зможуть ефективно впровадити блокчейн-технології у свої фінансові системи, отримають значні переваги у глобальній конкуренції.

11. Фінансовий сектор України потребує впровадження інноваційної моделі на основі блокчейн-технологій, здатної забезпечити якісно новий рівень ефективності, прозорості та безпеки фінансових операцій. Запропоновано інтеграційну модель використання блокчейн-технологій, адаптовану під специфіку національного ринку, яка сприятиме формуванню технологічного фундаменту для подальшої цифровізації фінансового сектору та розвитку блокчейн-інфраструктури фінансового ринку України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балазюк О., Пилявець В. Технологія блокчейн: дослідження суті та аналіз сфер використання. Економіка та суспільство. 2022. № 43. URL: <http://ecoNomyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1701/1636> (дата звернення: 25.09.2024)
2. Вергелюк Ю. Потенціал використання блокчейн технологій на фінансовому ринку. Економіка та суспільство. 2022. № 38. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-15> (дата звернення: 27.09.2024)
3. Вовчак О. Д., Гонгало Н. М. Цифрові інновації та їхній вплив на конкурентоспроможність банків. *Вісник Університету банківської справи*. 2020. № 3. С. 46–51. DOI: [https://doi.org/10.18371/2221-755X3\(39\)2020_225116](https://doi.org/10.18371/2221-755X3(39)2020_225116) (дата звернення: 24.09.2024)
4. Воробець В. Є. Переваги використання блокчейнтехнології в умовах цифровізації фінансових інструментів. *Банківська система і банківські послуги. Світфінансів*. № 2 (63). 2020. С. 49—61.
5. Демид В.М., Підхомний О.М. Фінансові мотиви застосування Блокчейн-технологій у банківській справі. Економіка та суспільство. 2021. № 34. С. 4. URL: <http://ecoNomyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/997/955/> (дата звернення: 30.09.2024)
6. Дудинець Л.А. Розвиток фінансових технологій як фактор модернізації фінансової системи. 2018. URL: <http://global-national.in.ua/archive/22-2018/149.pdf> (дата звернення: 25.09.2024)
7. Желюк Т.Л., Бречко О.В. Використання криптовалюти на ринку платежів: нові можливості для національних економік. *Вісник THEU*. №3. 2016. С. 50—60.
8. Кавецький В.Я. Застосування блокчейн-системиу фінансовій сфері. *Економіка та управління національним господарством*. Випуск 2 (130). 2018. С. 14—18.

9. Кисільова І.Ю., Іпатько М.І. Технологія блокчейн у фінансовій сфері. In The 9th International scientific and practical conference “World science: problems, prospects and innovations”(May 19–21, 2021) Toronto, Canada : Perfect Publishing, 2021. 678 p. P. 324. URL: <http://old.knuba.edu.ua/ukr/wp-content/uploads/2021/01/world-science-problems-prospects-and-innovations-19-21.05.21.pdf#page=324> (дата звернення: 01.10.2024)
10. Кудь А., Кучерявенко М., Смичок Є. Цифрові активи та їх правове регулювання у світлі розвитку технології блокчейн : монографія. Харків : Право, 2019. 216 с.
11. Кучерявенко М., Смичок Є. Цифрові активи та їх правове регулювання у світлі розвитку технології блокчейн : монографія. Харків : Право, 2019. 384 с.
12. Макарчук І. М., Перчук О. В., Малишко В. В. Перспективи використання криптовалют у сучасних економічних системах. *Вісник ЖДТУ. Серія «Економіка, управління та адміністрування»*. 2019. № 2. С. 179–185.
13. Мамуренко М.С., Жмай О.В. Переваги та недоліки застосування криптовалюти в умовах сучасної ринкової економіки України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Вип. 26. Ч.1. 2019.С. 127—130.5. Подлевський А. А., Яркевич Г. В., Перспективи використання блокчейну у FINTECH. *Вісник НУВГП. Серія «Економічні науки»* Випуск 4 (84) 2018. С. 132—141.
14. Ніколаєв С.О., Вороненко В.І., Ковальов Б.Л., Гриценко П.В., Одеволе О.О. Блокчейн як фактор цифрової трансформації економіки України. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»*. 2021. № 2. С. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.21272/1817-9215.2021.2-2> (дата звернення: 06.10.2024)
15. Попівняк Ю. М. Технологія блокчейн у бухгалтерському обліку й аудиті: сучасний стан, можливості та перспективи застосування. *Економіка, управління та адміністрування*. 2019. № 3. С. 137–144. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2019-3\(89\)-137-144](https://doi.org/10.26642/ema-2019-3(89)-137-144) 9 (дата звернення: 06.10.2024)

16. Про віртуальні активи: Закон України від 17 лютого 2022 р. № 2074–IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2074-20#Text> (дата звернення: 10.10.2024)
17. Рубанов П. М. Аналіз розвитку світового ринку криптовалют. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство»*. 2019. Вип. 28–2. С. 82–87. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2019-28-46> (дата звернення: 09.10.2024)
18. Рубанов П. М. Етапи розвитку та види віртуальних валют. *Економіка. Фінанси. Право*. 2019. № 11/3. С. 24–28. DOI: [https://doi.org/10.37634/efp.2019.11\(3\)](https://doi.org/10.37634/efp.2019.11(3)) (дата звернення: 11.10.2024)
19. Рубанов П. М. Розмежування сутності понять «електронні гроші», «віртуальні гроші» та «криптовалюти». *Ефективна економіка*. 2015. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6026>
20. Ситник І.П., Фоміна В.С. Вплив фінтеху на розвиток сучасних платіжних систем України. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*. Випуск 2 (51) 2019. С.139—143.
21. Стащук О.В., Теслюк С.А., Кузьмич І.В. Перспективи використання технології блокчейн у фінансовому секторі. Випуск № 40. 2022. *Економіка та суспільство*.
22. Церуш К.В. Впровадження блокчейн-технологій в трансформаційній фінансовій системі України. 2019. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7496/1/zbirnyk_tez_3-4_10_19_31.pdf (дата звернення: 19.10.2024)
23. Шаповалова С. І. Блокчейн технології в банківській сфері. Системи управління, навігації та зв'язку. *Modern engineering and invative techlogies Issue 25.Part 4* Вип. 1. 2022. С. 94—97.
24. Шишкова Н. Л. Перспективи впровадження блокчейну в бухгалтерському обліку. *Облік і фінанси*. 2018. № 2. С. 61–68. URL: <https://afj.org.ua/ua/ar-ticle/572/> (дата звернення: 19.10.2024)

25. Яровенко Г. М., Ковач В. О. Перспективи застосування технології блокчейн у системах забезпечення кібербезпеки банків. *Підприємництво та інновації*. 2020. № 12. С. 206–214. DOI: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/12.36> (дата звернення: 21.10.2024)
26. A Survey on Blockchain-Based Internet Service Architecture: Requirements, Challenges, Trends, and Future. W. Yang et al. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 75845–75872. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2917562> (дата звернення: 22.10.2024)
27. Adamyk O., Adamyk B., Khorunzhak N. Auditing of the software of computer accounting system. In: *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer* (Kyiv, 14–17 May 2018). Kyiv, 2018. P. 251–262. URL: http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/31308/1/Adamyk_paper_181.pdf (дата звернення: 23.10.2024)
28. Angelis J., Ribeiro da Silva E. Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*. 2019. Vol. 62, №. 3. P. 307–314. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001> (дата звернення: 27.10.2024)
29. BACS About Technical Resources. Schneider Electric URL: <https://www.bacs.co.uk/About/Pages/About.aspx>.
30. Blockchain Adoption Moving Rapidly in Banking and Financial Markets: Some 65 Percent of Surveyed Banks Expect to be in Production in Three Years. PR Newswire. IBM. 28.09.2016. URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/blockchain-adoption-moving-rapidly-in-banking-and-financial-markets-some-65-percent-of-surveyed-banks-expectto-be-in-production-in-three-years-300335472.html> (дата звернення: 21.10.2024)
31. Blockchain in Financial Service. URL: <https://consensys.net/blockchain-use-cases/finance/#banking>. (дата звернення: 22.10.2024)
32. Blockchain risk factors. World Economic Forum. URL: <http://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/risk-factors#q01> (дата звернення: 26.10.2024)

33. Blockchain technology market share forecast worldwide in 2021, by use case. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/982566/worldwide-top-use-cases-blockchain-technology-by-market-share> (дата звернення: 30.10.2024)
34. Borg J. F., Schembri T. The regulation of blockchain technology. In: *Blockchain & Cryptocurrency Regulation* / J. Dewey (Ed.). 2019. P. 188–192. 10. Largest number of banks to join live application of Blockchain Technology. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20180925005617/> е n (дата звернення: 28.10.2024)
35. China Launches National Blockchain Network in 100 Cities. Nick Stockton. URL: <https://spectrum.ieee.org/computing/software/china-launches-national-blockchain-network-100-cities> (дата звернення: 31.10.2024)
36. Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*. 2016. Vol. 4. P. 2292–2303. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2016.2566339> (дата звернення: 01.11.2024)
37. DefiLama. *DeFi Dashboard*. URL: <https://defillama.com>. (дата звернення: 15.09.2024)
38. Derrick Bonyuet. Overview and Impact of Blockchain on Auditing. *The International Journal of Digital Accounting Research*. 2020. Vol. 20, P. 31–43. DOI: https://doi.org/10.4192/1577-8517-v20_2 (дата звернення: 24.10.2024)
39. Di Francesco Maesa D., Mori P. Blockchain 3.0 applications survey. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2020. Vol. 138. P. 99–114. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.12.019> (дата звернення: 18.10.2024)
40. Fares O. H., Butt I., Lee S. H. M. Utilization of artificial intelligence in the banking sector: a systematic literature review. *Journal of Financial Services Marketing*. 2023. Vol. 28. № 4. P. 835–85
41. Gogan M. Blockchain Technology in the Future: 7 Predictions for 2020. URL: <https://aithority.com/guest-authors/blockchain-technology-in-the-future-7-predictions-for-2020/> (дата звернення: 18.10.2024)
42. Haber, S., & Stornetta, W.S. How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, 3, . 1990, 99–111.

43. Manlu Liu, Kean Wu, Jennifer Jie Xu. How Will Blockchain Technology Impact Auditing and Accounting: Permissionless versus Permissioned Blockchain. *American Account Association*. 2019. Vol. 13. №. 2. P. 19–29. DOI: <https://doi.org/10.2308/ciia-52540> (дата звернення: 21.10.2024)
44. Marion Pauline Gauthier, Nathalie Brender. How do the current auditing standards fit the emergent use of blockchain? *Managerial Auditing Journal*. 2021. Vol. 36. P. 365–385. DOI: <https://doi.org/10.1108/MAJ-12-2019-2513> (дата звернення: 31.10.2024)
45. Osei L.K., Cherkasova Y., Oware K.M. Unlocking the full potential of digital transformation in banking: a bibliometric review and emerging trend. *Journal of Business and Economic Perspectives*. 2023. Vol. 9. № 1. URL: https://www.researchgate.net/publication/372192633_Unlocking_the_full_potential_of_digital_transformation_in_banking_a_bibliometric_review_and_emerging_trend (дата звернення: 01.11.2024)
46. Perez Y. B. A brief history of cryptocurrency and blockchain white papers. URL: <https://thenextweb.com/news/a-brief-history-of-cryptocurrency-andblockchain-white-papers> (дата звернення: 08.10.2024)
47. Raval S. *Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology*. O'Reilly Media, 2016. 118 p
48. Sandner P., Gross J., Richter R. Convergence of Blockchain, IoT, and AI. *Frontiers in Blockchain*. 2020. Vol. 3. P. 1–5
49. Than75–Banks Share of bank account holders processing banking matters via online banking (PC or laptop) or mobile banking (smartphone or tablet) worldwide 2023, by country. *statista*. 2023. URL: <https://www.statista.com/statistics/1440760/mobile-and-online-banking-penetration> (дата звернення: 18.10.2024)
50. The History of Money & the Future of Bitcoin and the Cryptocurrency Economy. URL: <https://hacker№on.com/the-history-of-money-the-future-of-bitcoinand-the-cryptocurrency-economy-5cc25e808275> (дата звернення: 17.10.2024)

51. Top DeFi. DappRadar. URL: <https://dappradar.com/rankings/defi>. (дата звернення: 17.09.2024)
52. Weill P., Woerner S.L. Thriving in an increasingly digital ecosystem. MIT Sloan Management Review. 2015. Vol. 56. № 4. P. 30

Звіт подібності

метадані

Заголовок
Блокчейн-технології у світових фінансових операціях

Автор
Волинець А.В. Науковий керівник / Експерт
доц. Загарій В.К.

підрозділ
кафедра міжнародної економіки

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		4
Інтервали		0
Мікропробіли		1
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		7

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз		Копір тексту	
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	Блокчейн-технології у фінансуванні бізнесу 6/14/2024 Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman KNEU (кафедра корпоративних фінансів і контролінгу)	19	0.09 %
2	https://ekonomics.com.ua/s59-finansovi-tehnologiyi-yak-efektivniy-instrument-pidvischennya-rivnya-finansovoyi-inklyuziyi-v-ukrayini	11	0.05 %
3	PECULIARITIES OF BLOCKCHAIN APPLICATION WITH AN EMPHASIS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE Кіра Стогул,Оксана Дмитрієва;	10	0.05 %

Волинець А.В.

«Міжнародна економіка і менеджмент», 5 курс

Київський національний економічний

університет імені Вадима Гетьмана

Науковий керівник – доцент кафедри міжнародної економіки, к.е.н., Лихолет С.І.

БЕЗПЕКОВІ ІНСТРУМЕНТИ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ

У світлі зростаючого інтересу до цифрових технологій, блокчейн виступає не лише як інноваційна технологія, але й як потужний інструмент для забезпечення безпеки, прозорості та надійності в управлінні даними. В контексті економічного відродження та підвищення конкурентоспроможності України, впровадження блокчейну може відіграти ключову роль у розвитку нових інноваційних проєктів. Блокчейн — це розподілена база даних, яка забезпечує високий рівень безпеки завдяки криптографічним методам та механізмам консенсусу. Ця технологія дозволяє записувати та зберігати інформацію таким чином, що її неможливо видалити або змінити без згоди всіх учасників мережі, що робить її надійною і стійкою до зовнішніх втручань.[1]

Інструменти безпеки в блокчейні включають в себе криптографічні підписи, які забезпечують підтвердження автентичності даних та ідентичності відправника. Це важливо для забезпечення цілісності інформації, оскільки будь-яка спроба змінити дані буде одразу виявлена. Крім того, розподілений характер мережі унеможливорює маніпуляції з боку одного учасника, оскільки всі дані зберігаються на багатьох вузлах мережі, і для внесення змін потрібна згода більшості. Алгоритми консенсусу, такі як Proof of Work та Proof of Stake, допомагають уникнути подвійних витрат і забезпечують одностайність мережі щодо стану бази даних, що є критичним для забезпечення її цілісності та достовірності.[2]

Застосування блокчейну для інноваційних проєктів в Україні має великий потенціал. Наприклад, ведення земельного кадастру на базі блокчейну може кардинально змінити систему управління земельними ресурсами в Україні, роблячи її більш ефективною та прозорою. Блокчейн дозволяє вести записи, які не можна змінити чи видалити після їх створення, що мінімізує можливості для корупційних дій. Завдяки цьому, усі транзакції стають публічно доступними і перевіреними, що значно ускладнює несанкціоновані зміни або маніпуляції. Записи в блокчейні забезпечують чітке відслідковування власності та змін у земельних ділянках, що підвищує прозорість і довіру до системи. Крім того, автоматизація процесів і зменшення паперової роботи призводять до швидших і ефективніших операцій, що є важливим фактором для покращення управління земельними ресурсами.[3]

Використання блокчейну у фінансовому секторі може допомогти створити більш надійні та безпечні платіжні системи. Блокчейн може бути використаний для платіжних систем, кредитування, а також для фондових ринків. Відсутність необхідності у третіх сторонах, таких як банки або інші фінансові інституції, може знизити комісії та витрати на транзакції. Це також забезпечує швидкість та прозорість угод, оскільки транзакції можуть оброблятися майже миттєво з будь-якої точки світу. Використання криптографії забезпечує захист від шахрайства та несанкціонованого доступу, що є критичним для забезпечення безпеки фінансових операцій.[4]

Система цифрових ID на базі блокчейну може забезпечити більш безпечне та надійне зберігання особистих даних, зменшуючи ризики, пов'язані з крадіжкою або фальсифікацією даних.

Блокчейн забезпечує криптографічний захист даних, які неможливо змінити чи викрасти без знання ключа, що гарантує їхню цілісність і безпеку. Органи влади та приватні організації можуть легко перевіряти ідентичність осіб без необхідності доступу до конфіденційної інформації, що спрощує процеси верифікації. Цифрові ID можуть використовуватися у будь-якому місці, забезпечуючи глобальну мобільність і доступність послуг, що є важливим аспектом у сучасному світі.[5]

Проте, впровадження блокчейну має як переваги, так і виклики. Переваги включають високу безпеку, прозорість угод, скорочення витрат на операції та зменшення паперового документообігу. Однак, складність інтеграції з існуючими системами, потреба у значних інвестиціях у технологічну інфраструктуру та необхідність законодавчого регулювання можуть стати серйозними перешкодами на шляху впровадження цієї технології.

Використання блокчейну як безпекового інструмента в інноваційних проектах може стати однією з ключових стратегій для досягнення економічного відродження та забезпечення конкурентного розвитку України. Це вимагає подальших досліджень, розвитку інфраструктури та формування правового поля, що вимагає злагодженої роботи державних органів, освітніх установ і приватного сектору.

Список використаних джерел

1. Nakamoto, S. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System." 2008.
2. Swan, M. "Blockchain: Blueprint for a New Economy." O'Reilly Media, 2015.
3. Iansiti, M., & Lakhani, K. R. "The Truth About Blockchain." Harvard Business Review, 2017.
4. World Economic Forum. "Blockchain Deployment Toolkit: Regulatory Guidance and Tools for Practitioners." 2020.
5. OECD. "Blockchain Technology and Corporate Governance." 2020.