

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ЕПОХИ КВАНТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

КОРЖ Роман

кандидат економічних наук, директор
БО «ФОНД ІНВЕСТИЦІЙ В МАЙБУТНЄ»
<https://orcid.org/0000-0002-5649-9969>

У статті розглядається вплив квантових технологій на сучасний економічний розвиток. Для досягнення мети проаналізовано головні напрямки у квантових технологіях, квантовій обчислювальній техніці, квантовій криптографії та зв'язках, які революціонізують обробку даних та створюють нові умови захисту. Розглянуто характеристики квантової економіки як основи подальших технологічних революцій, які глобально реформують окремі галузеві системи та глобальну систему економічного розвитку. У ході дослідження приділяється увага до опису властивостей квантової технології та практичного підходу до застосування, що розпочався з початку ХХ століття.

Результат дослідження рекомендується для подальших наукових розробок при ухваленні інноваційних рішень у квантовій економіці. Висновком дослідження є квантова економіка як початок новітньої епохи технологічного розвитку, що надає перспективи та передбачає прорив реалізації законів природи, дозволяє створити новітні товари, послуги, бізнес-моделі. У висновках пропонується глобальне партнерство, узгоджені дії урядів, бізнесу та наукової спільноти, що набувають ключового значення для створення безпечного квантового майбутнього та сталої економіки. Нові методи вирішення завдань недоступні класичним комп'ютерним технологіям, генерують ресурси в умовах великих даних та квантового обчислення, що характеризуються високим рівнем динамізму та новизни.

Ключові слова: квантова економіка, квантові технології, квантові обчислення, квантова криптографія, квантова комунікація, технологічна революція, глобальна економічна система.

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS OF THE ERA OF THE QUANTUM ECONOMY

KORZH Roman

CO «INVESTMENT FUND FOR THE FUTURE»

The article examines the influence of quantum technologies on modern economic development. To achieve the goal, the main trends in quantum technologies, quantum computing, quantum cryptography and communications, which revolutionize data processing and create new protection conditions, were analyzed. The characteristics of the quantum economy as the basis of further technological revolutions, which globally reform individual branch systems and the global system of economic development, are considered. In the course of the study, attention is paid to the description of the properties of quantum technology and the practical approach to its application, which began at the beginning of the 20th century. Quantum computing is defined as a technology that uses quantum mechanical phenomena to perform operations on data. Quantum computers provide advantages in solving tasks that are inaccessible to classical systems. In finance, quantum computers optimize models and analyze the market. In science, quantum computers are used to model molecular structures, which accelerates the creation of materials with desired properties. Quantum communication uses quantum states of information transfer, which makes the process extremely secure and confidential. The basis of quantum communication is entanglement, which allows the states of two qubits to communicate regardless of the distance. Quantum sensors are devices that use quantum phenomena to measure physical quantities with high precision. Quantum materials have the properties of the quantum mechanical effect; include the latest types of superconductors and produce lossless energy and revolutionize power transmission technologies.

The result of the research is recommended for further scientific developments in the adoption of innovative solutions in the quantum economy. The conclusion of the study is the quantum economy as the beginning of the newest era of technological development, which provides prospects and foresees a breakthrough in the implementation of the laws of nature, allows the creation of the latest goods, services, and business models. The findings suggest that global partnerships, concerted action by governments, business and the scientific community, are key to creating a secure quantum future and a sustainable economy. New methods of problem-solving are inaccessible to classic computer technologies, generate resources in the conditions of big data and quantum computing, which are characterized by a high level of dynamism and novelty.

Keywords: quantum economy, quantum technologies, quantum computing, quantum cryptography, quantum communication, technological revolution, global economic system.

КОРЖ, Р. (2023). ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ЕПОХИ КВАНТОВОЇ ЕКОНОМІКИ. *Development Service Industry Management*, (3), 178–182. [https://doi.org/10.31891/dsim-2023-3\(26\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2023-3(26))

KORZH, R. (2023). TECHNOLOGICAL INNOVATIONS OF THE ERA OF THE QUANTUM ECONOMY. *Development Service Industry Management*, (3), 178–182. [https://doi.org/10.31891/dsim-2023-3\(26\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2023-3(26))

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

У розвитку науки й техніки реалізується концепція квантової економіки, підвищуючи значущість економічного розвитку. Еволюція квантової технології починається теоретичним вивченням квантової механіки.

Розробки велися тривалий час і є практичним застосуванням на початку ХХ століття під час винаходу квантових комп'ютерів. Квантова інформаційна система демонструє нове завдання, яке нездійсненне для класичного комп'ютера. До зони впливу квантової економіки належить фінансовий сектор – у якому технології квантової економіки допомагають аналізувати ринки та керувати ризиками, пропонують нові способи моделювання фінансової системи та обробки великих даних. У фармацевтичній галузі квантове обчислення моделює молекулярні взаємодії на квантовій основі та обіцяє прискорити випуск новітніх лікарських засобів. Квантова технологія трансформує індустріальні сектори економіки й надає інструменти оптимізації процесів бізнесу; визначає новітні напрями розвитку технологій та створює сприятливі передумови переосмислення та глобальної реорганізації діяльності людей. Впровадження у квантовій економіці вважається елементом майбутнього. Квантова економіка грає роль каталізатора світових трансформацій. Це спричиняє зростання прогресу у квантових технологіях; квантових обчисленнях; квантової криптографії та комунікаціях. Формування показників квантової економіки ґрунтується на трансформації даних та безпеці впроваджувати новітні технології обробки даних та захисту даних на якісному новому рівні. Оскільки у квантовій економіці формується потенціал для подальшої технологічної зміни глобальної економічної системи, революційна техніка, недоступна класичним комп'ютерним технологіям, стимулює нові наукові та практичні дослідження.

Аналіз досліджень та публікацій

Науковці активно вивчають питання формування й розвитку квантової економіки. Квантові економічні алгоритми перевершують класичні аналоги за параметрами та дозволяють аналізувати проблеми з використанням сучасних квантових генераторів та обговорюються вченими Daniel Guijo; Victor Onofre; G. Vimbo; Samuel Mugel; Daniel Estepa; Xabier De Carlos; Ana Adell; A. Lojo; J. Bilbao; R. Orús [1]. Frederik F. Flöther узагальнив варіанти використання алгоритмів і надав погляд на медицину у квантову еру, включаючи технічні й етичні проблеми [2]. Martin Giles звертається до вчених США, Китаю, Європи, які змагаються у створенні мереж телепортації; визначає, що масштабування мереж є актуальним науково-інженерним завданням. Диференціація перешкод спричиняє пошук надійного способу штампувати велику кількість з'єднаних фотонів відповідно до вимоги та підтримувати заплутаність на довгих відстанях, що можна було б спростити квантовими ретрансляторами [3]. Marco Pistoia, Syed Farhan Ahmad, Akshay Ajagekar, Alexander Butts, Shouvanik Chakrabarti, Dylan Herman, Shaohan Hu, Andrew Jena, Pierre Minssen, Pradeep Niroula, Arthur Rattew, Yue Sun, Romina Yalovetzky представили сучасну ситуацію з квантовими алгоритмами до сценаріїв, що розв'язують завдання через машинне навчання. Вчені визначили, що протягом десятиліття квантовий комп'ютер перевершить можливості класичного комп'ютера та стане революційним чинником у промисловості та фінансах. Фактично фінанси – перший сектор, який у перспективі реалізує квантові обчислення [4]. Поставлені питання квантової економіки припускають безперервний розвиток та оптимізацію, що свідчить про необхідність подальшого дослідження у цій галузі.

Формулювання цілей статті

Метою статті є проведення аналітичного огляду та визначення впливу квантових технологій на сучасний економічний розвиток.

Виклад основного матеріалу

Квантова технологія, як сучасна технологія, ґрунтується на явищах квантової механіки, не пояснюється класичною теорією; законами руху Ньютона; рівняннями термодинаміки; рівняннями Максвелла з електромагнетизму тощо. Види мікроелектронних технологій та напівпровідникових оптичних приладів, лазерної техніки застосовують досягнення квантової фізики та поширюються у квантовій економіці. Класична фізика була основою індустріальної революції ХХ століття. Розвиток квантової фізики та квантової техніки призвело до буму інформаційних технологій у ХХ-ХХІ столітті. Відмінною рисою квантової техніки є новий технологічний рівень, який дозволяє маніпулювати окремими квантовими об'єктами, зокрема: атомом; іоном; електроном; фотоном. Досі квантові технології уявляються основами квантової економіки у вигляді квантового обчислення, квантових комунікацій, квантових сенсорів, квантових матеріалів.

Квантове обчислення визначається технологією, яка використовує квантовомеханічні явища, такі як суперпозиція та заплутаність для виконання операцій над даними. Квантові комп'ютери будуються на квантових бітах або кубітах, які, на відміну від бітів традиційного комп'ютера, поєднують стани 0 і 1; обробляють великі обсяги даних з неймовірною швидкістю.

Квантові комп'ютери надають переваги у вирішенні завдань, недоступних для класичних систем. У фінансах квантові комп'ютери оптимізують складні моделі та аналізують ринок за лічені хвилини. У науці квантові комп'ютери застосовуються для моделювання молекулярних структур, що прискорює створення матеріалів із бажаними властивостями. У машинному навчанні квантовий алгоритм стає здатним підвищити швидкість та якість навчання моделей у завданнях з великими обсягами даних та складною структурою.

Квантова комунікація застосовує квантові стани передачі інформації, що робить процес екстремально захищеним і конфіденційним. Основою квантової комунікації є заплутаність, що дозволяє станам двох кубітів зв'язуватися незалежно від дистанції. Це відкриває перспективи створення захищених мереж зв'язку і важливо

для фінансових транзакцій та e-commerce, оскільки безпека великих даних, що пересилаються, критично важлива. Квантові комунікації нейтралізують шахрайство та витік даних, підвищують рівень безпеки.

Квантові сенсори є пристроями, які використовують квантові явища для вимірювання фізичних величин з високою точністю. Квантові сенсори знаходять застосування в медичній діагностиці, допомагають створювати точні зображення внутрішніх органів до навігаційних систем, де підвищують точність визначення координат. Крім того, квантові сенсори сприяють моніторингу довкілля та виявляють мінімальні зміни в атмосферних умовах, що важливо для прогнозування погоди та вивчення кліматичних змін.

Квантові матеріали мають властивості квантовомеханічного ефекту; включають новітні види надпровідників й виробляють енергію без втрат та революціонізують технології передачі електроенергії. Крім того, розробляються надлегкі та надміцні матеріали, які застосовуються в авіабудуванні, автомобілебудуванні та індустрії. Ці матеріали сприяють змінам індустріальної технології, оскільки створюють ефективні, легкі та довговічні продукти. Квантові технології охоплюють напрямки та пропонують розв'язання завдань в індустріальних та інформаційних галузях економіки. Розвиток та впровадження квантової економіки змінює вектор розвитку науково-технічного прогресу та надає новітні можливості для покращення якості життя та ефективної безпеки.

Розвиток квантової економіки трансформує сучасні аспекти людського життя. Квантова економіка вносить реальні зміни, збільшує потенціали розвитку промисловості та можливості покупців; впливає на сучасний економічний розвиток країн світу. Науково-практичний аспект статті цікавий аналізом впливу квантової економіки на діяльність, яка формується за вектором розвитку квантових технологій (рис. 1).

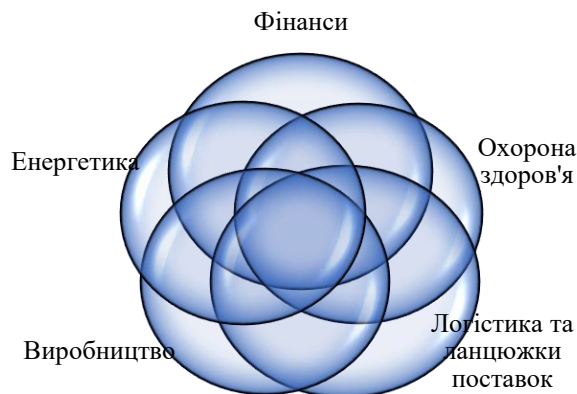


Рис. 1. Сфери впливу квантової економіки на діяльність за вектором розвитку квантової технології
Джерело: складено автором на основі [1, 2, 3, 4]

Квантове обчислення відкриває новітні перспективи у фінансовому світі, дає вектор розвитку новим фінансовим інструментам та послугам, покращує традиційні методи контролю ризиків. Квантовий алгоритм оперативно обробляє та аналізує великі обсяги даних у складних фінансових операціях, оптимізує портфелі потенціалів, утворює ціну та управляє ризиками. Фінансові аналітики використовують квантові алгоритми та збільшують очікувані прибутки. У квантових комп'ютерах враховується безліч сценаріїв розвитку на відміну від класичної системи.

У квантових алгоритмах формується точна та динамічна цінність складного фінансового активу та цінних паперів, враховується нелінійна залежність та зміна ринкових умов в режимі реального часу. У охороні здоров'я квантова технологія обіцяє революціонізувати розробку новітніх препаратів та методик терапії. Квантові моделі прискорюють дослідницькі процеси, зменшують витрати на діагностику та покращують точність діагностики. Квантові обчислення скорочують час та витрати на розробку нового препарату та моделюють взаємодію молекул у квантовому вимірі. Це дозволяє створити ефективні препарати із меншими випробуваннями. Аналіз генетичної інформації та біомаркерів дозволяє розробити персональну схему лікування за допомогою методів квантового аналізу з урахуванням особливостей організмів пацієнтів. Квантові технології використовуються для логістики й контролювання ланцюжків постачання, кардинально змінюють цей сектор, роблять його гнучкішим, ефективнішим і менш витратним. Квантовий алгоритм здатний оптимізувати логістичні маршрути; враховувати багато змінних умов реального часу. Це надає можливість скоротити термін доставки та витрати на доставку. Квантові обчислення допомагають знизити витрати та підвищити обслуговування клієнтів; керувати запасами у складі через прогнозування. Квантові технології пропонують новий підхід до виробництва, створюють новітні матеріали з унікальними властивостями. Завдяки квантовим обчисленням створюються матеріали, які мають задані властивості, що дозволяє створювати полегшені вироби з високою міцністю, довговічністю. Квантовий алгоритм оптимізує процеси виробництва, покращує ефективність, скорочує витрати. Квантова економіка сприяє новітнім енергетичним джерелам при формуванні ефективної енергетичної системи країни. Квантова технологія змінює підходи до генерації поновлюваних енергій; застосовується для створення ефективної фотовольтаїчної панелі та турбін вітру; допомагає створити

розумні мережі, здатні самостійно аналізувати та балансувати споживання енергії та підвищення ефективності. Тому квантова економіка надає глибокий та різнобічний ефект на індустріальні системи, створює новітні можливості розвитку, сприяє ефективним технологіям та інноваційним процесам.

Впровадження квантових технологій створює стратегічні виклики на рівнях глобального розвитку суспільства. У міру впровадження квантових технологій традиційні спеціальності відходять у минуле у таких сферах, де робота автоматизується. Це призводить до збільшення безробіття серед некваліфікованих робітників. Квантові технології створюють робочі місця, які потребують кваліфікації та спеціальних знань у галузі фізики, програмування та інженерії. Це передбачає інвестиції в освіту, професійну підготовку персоналу. Нові технології породжують попит ринку праці на квантових програмістів, інженерів з квантових комп'ютерів; фахівців із квантової криптографії для кар'єрного зростання у високотехнологічних галузях економіки. Великі міжнародні компанії інвестують у розвиток квантових технологій у країнах світу.

У глобальній економіці експерти спостерігають цифровий розрив, коли країни та жителі не мають рівного доступу до новітніх технологій, що посилює глобальну нерівність. Нерівний доступ до квантових технологій призводить до відмінностей в економічному розвитку та конкурентоспроможності економіки країн світу.

Збільшення квантових технологій реалізується у військових цілях, що призводить до посилення глобальної нестабільності. У міру того, як квантові комп'ютери стають здатними зламувати традиційне шифрування, виникають серйозні побоювання щодо захисту особистих, корпоративних, державних даних. Це вимагає новітніх підходів до криптографії та захисту інформації; розроблення законодавчих нормативів, що регулюють використання квантових технологій, забезпечують безпеку та враховують етичні аспекти охорони здоров'я та особистої конфіденційності. Важливо налагодити міжнародне співробітництво для створення загальних стандартів та правил використання квантових технологій та гарантувати дотримання прав людини. Адаптація патентної системи створить стимули для досліджень та розробок, захисту інновацій у галузі квантових технологій, дозволить запобігти монополізації та підтримати конкуренцію. Розробка ПО для квантових комп'ютерів загострює питання захисту авторських прав, розповсюдження ліцензій, що потребує чітких юридичних рамок. Безпека забезпечується під час створення стійких до квантового злому криптографічних методів, щоб захистити інформаційні системи від потенційної загрози. Питання кібербезпеки переходять у розряд національної безпеки та потребують координації на всіх рівнях захисту критично важливої інфраструктури. Квантова економіка представляє хвилю технологічних інновацій, яка несе як розвиток потенціалів, так і стратегічні виклики; потребує наукового підходу до впровадження та використання новітніх технологій.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Глобальне партнерство, узгоджені дії урядів, бізнесу та наукової спільноти набувають ключового значення для створення безпечного квантового майбутнього та сталої економіки. Квантова економіка знаменує собою початок нової ери в технологічному розвитку, надає перспективи, що трансформують специфічні галузі та суспільство. Цей напрямок розвитку науки та технологій уособлює не наступний крок в еволюції інформаційних технологій і обіцяє прорив у розумінні та використанні фундаментальних законів природи для створення нових продуктів, послуг та бізнес-моделей. Квантові технології розкривають технологічний потенціал розвитку, пропонують зростання економічної ефективності у розвитку науково-технічного прогресу та якості життя; сприяють створенню розумних матеріалів з ексклюзивними якостями, створенню ультрашвидких систем обробки інформації; підвищують безпеку даних. Ці технології змінюють стандарти медицини; фінансові правила; основи енергетики та розвитку секторів економіки. Попри переваги, квантова економіка несе із собою серйозні виклики. Соціальні наслідки впливають на ринок праці, збільшують цифровий розрив і формують етичну дилему; вимагають ретельного аналізу та стратегічного планування. Перехід до квантових технологій супроводжується необхідністю перекваліфікації персоналу та створенням механізмів підтримки тих, хто ризикує залишитися безробітним. Квантові технології потребують інвестицій на технологічні дослідження. Це потребує фінансових ресурсів та створення правового та нормативного поля, яке регулює застосування та розповсюдження квантових технологій. Кібербезпека та управління етичними аспектами використання квантових технологій набувають статусу завдань для урядів країн світу та міжнародної спільноти. Розвиток квантової економіки потребує світового співробітництва. Це включає спільне фінансування досліджень, формування стандартів безпеки та експлуатації, міжнародних протоколів захисту даних та конфіденційності. Квантова економіка розвиває технологічний потенціал для наукового прориву та соціально-економічного розвитку суспільства. Компетентне управління потенціалом у квантовій економіці та облік ризиків визначає критерії глобальної безпеки.

Література

1. Quantum artificial vision for defect detection in manufacturing [Електронний ресурс] / Daniel Guijo, Victor Onofre, G. Bimbo та ін.] // arXiv. – 2022. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Quantum-artificial-vision-for-defect-detection-in-Guijo-Onofre/78911b5f5cbccf35c01bfc2f805beeb23a30c1ff>

-
2. Frederik F. Flöther. The state of quantum computing applications in health and medicine [Электронный ресурс] / Frederik F. Flöther // arXiv. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2301.09106>
 3. Martin Giles. Explainer: What is quantum communication? [Электронный ресурс] / Martin Giles // MIT Technology Review. – 2019. – URL: <https://www.technologyreview.com/2019/02/14/103409/what-is-quantum-communications/>
 4. Quantum Machine Learning for Finance [Электронный ресурс] / Marco Pistoia, Syed Farhan Ahmad, Akshay Ajagekar та ін.] // arXiv. – 2021. – URL: <https://arxiv.org/abs/2109.04298>

References

1. Quantum artificial vision for defect detection in manufacturing [Elektronnij resurs] / Daniel Guijo, Victor Onofre, G. Bimbo та і`н.] // arXiv. – 2022. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Quantum-artificial-vision-for-defect-detection-in-Guijo-Onofre/78911b5f5cbccf35c01bfc2f805beeb23a30c1ff>
2. Frederik F. Flöther. The state of quantum computing applications in health and medicine [Elektronnij resurs] / Frederik F. Flöther // arXiv. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2301.09106>
3. Martin Giles. Explainer: What is quantum communication? [Elektronnij resurs] / Martin Giles // MIT Technology Review. – 2019. – URL: <https://www.technologyreview.com/2019/02/14/103409/what-is-quantum-communications/>
4. Quantum Machine Learning for Finance [Elektronnij resurs] / Marco Pistoia, Syed Farhan Ahmad, Akshay Ajagekar та і`н.] // arXiv. – 2021. – URL: <https://arxiv.org/abs/2109.04298>