

5. 5. Shishkin V. O., Bakhmetova Y. Yu. Prospects for the use of logistics strategy as a condition for ensuring the competitiveness of the enterprise. «Modern Economics», an electronic scientific publication on economic sciences. No. 14. (2019). P. 296–300.

Стаття надійшла до редакції 01.09.2023.

УДК 336.74:339(447)

JEL Classification E42

DOI 10.33111/EE.2023.51.RaidaO_StanchevaM_PetrenkoL

O. Raida

Master program student of the of Business Economics and Entrepreneurship Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ORCID: 0009-0004-1615-8547

M. Stancheva

Master program student of the of Business Economics and Entrepreneurship Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ORCID: 0006-0797-3181

L. Petrenko

Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Business Economics and Entrepreneurship Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ORCID: 0000-0001-7851-9644

Райда О. І.

студент магистратури кафедри бізнес-економіки і підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Станчева М. В.

студентка магистратури кафедри бізнес-економіки і підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Петренко Л. А.

д.е.н., професор, професор кафедри бізнес-економіки та підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАЙНІНГУ КРИПТОВАЛЮТИ З ВИКОРИСТАННЯМ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

АНОТАЦІЯ. У статті представлено результати аналізу наукових позицій щодо перспектив розвитку майнінгу криптовалюти з використанням «зеленої» електроенергії. Стаття спрямована на оцінку поточних даних про використання електроенергії для майнінгу

криптовалюти, а також на розуміння того, які дії вживаються для зменшення вуглецевого сліду цієї діяльності в усьому світі. Показано, що майнінг криптовалюти може ефективно служити додатковим доходом внаслідок скорочення витрат на енергію завдяки «зеленій» електроенергії і дозволяє перетворити заощаджену електроенергію на ще одне джерело доходу.
КЛЮЧОВІ СЛОВА: майнінг, криптовалюта, «зелена» електроенергія, розвиток, дохід.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CRYPTOCURRENCY MINING WITH THE USE OF «GREEN» ELECTRICITY

ABSTRACT. This article presents the results of the analysis of scientific positions on the prospects for the development of cryptocurrency mining using «green» electricity. Also, this article is aimed at assessing current data on the use of electricity for cryptocurrency mining, as well as understanding what actions are being taken to reduce the carbon footprint of this activity around the world. At the same time, cryptocurrency mining can effectively serve as an additional income due to the reduction in energy costs due to «green» electricity and allows you to turn the saved electricity into another source of income. Linking cryptocurrency mining to the growing success and expansion of renewable energy is quite problematic. Because, the energy and cryptocurrency industries are changing rapidly, and uncertainty about the regulation of both, combined with price volatility, uncertain liquidity and the changing difficulties of mining, could jeopardise the success of the project. Bitcoin has volatility, which can significantly increase or limit profits. At the same time, the market often does not have enough liquidity to make large trades without affecting the price. Profits can fluctuate significantly on a daily basis, as was the case in the summer of 2021, when Chinese miners were forced to sell off their cryptocurrencies en masse. Another common concern is the unpredictability of renewable energy subsidies in the future, and how a renewable energy producer focused on cryptocurrency mining may not be able to take advantage of the same tax breaks that power grids that sell electricity to the public receive. The complexity of mining also creates risk. Bitcoin mining has become increasingly difficult over the past decade. Retail miners find it difficult to compete with the powerful industrial players.
KEY WORDS: mining, cryptocurrency, «green» electricity, development, income.

Вступ. Криптоактиви, такі як біткоїн, часто критикують за те, що вони споживають більше енергії, ніж цілі країни в результаті енергомісткої діяльності з майнінгу. Однак інші криптоактиви, такі як Ethereum, споживають значно менше енергії, а багато операцій із майнінгу криптоактивів використовують відновлювану енергію або енергію, яка в іншому разі була б витрачена даремно, наприклад факельний газ від буріння нафти. У міру того як крип-

тоактиви набувають все більшого поширення, урядовці шукають варіанти, щоб допомогти прийняти політичні рішення та забезпечити відповідальний розвиток криптоактивів і базових технологій блокчейну.

У цій статті наведено короткий огляд факторів, які обумовлюють енергоспоживання майнінгу криптовалюти, і розглянуто перспективи розвитку майнінгу криптовалюти з використанням «зеленої» електроенергії.

Отже, розповсюдження відновлюваної енергії відкриває можливість для отримання дешевої та сталої електроенергії. Однак численні перешкоди, включно з періодичністю, накопиченням енергії та мережевим підключенням, наразі ставлять під загрозу широке або виняткове впровадження цих дешевих енергетичних ресурсів, ціни на які зараз нижчі за традиційне викопне паливо.

Незважаючи на те що майнінг криптовалюти часто розглядають як винуватця за зростання споживання енергії у світі, він має потенціал для підвищення здійсненності енергетичних проєктів, розширення доступу до електроенергії та живлення енергомістких мереж криптовалюти за допомогою відновлюваної енергії.

Постановка завдання. Обслуговування майнінг-ферм вимагає значних матеріальних ресурсів. Майнінг криптовалют викликає додаткове навантаження на електричні мережі, сприяє їх швидшому зносу. Споживання електроенергії з традиційних джерел енергії, зокрема і на теплоелектростанціях, та безперервного функціонування обладнання для видобутку криптовалюти спричиняє забруднення навколишнього середовища відходами теплоелектростанцій та збільшення парникового ефекту. Саме тому важливо розвивати стимулювання генерації електроенергії сонячними електростанціями суб'єктами мікро- та макроекономіки як для її продажу в електричну мережу, так і для власного споживання майнерами.

Результати. За останні роки попит на електроенергію, пов'язаний з видобутком криптовалюти, надзвичайно зріс. Це споживання енергії викликано кількома факторами. Серед них «збільшення труднощів у видобутку криптовалюти» і «велика кількість нових учасників ринку, які були залучені високими цінами на цей фінансовий актив, що розвивається» [3].

На тлі поступового зниження вартості електрики, що видобувається із відновлюваних джерел, зростає конкуренція між виробниками обладнання. Нещодавно китайський гігант Bitmain знизив ціну пристроїв Antminer на 20 % на тлі падіння курсу біткоїну та критики майнінгу владою Китаю.

Серед великих компаній інтерес до «зеленого» майнінгу зростає. У травні американська компанія Marathon Digital Holdings анонсувала будівництво дата-центру в Техасі потужністю 300 МВт вуглецево-нейтрального на 70 %.

Компанія BIT Mining Limited оголосила про будівництво в тому ж штаті підприємства потужністю 57,2 МВт, з яких 85 % створюватимуться за рахунок використання чистої та низьковуглецевої електроенергії.

Публічна майнінгова компанія Argo Blockchain придбала два «зелені» майнінг-центри у канадській провінції Квебек. Об'єкти використовують потужності місцевої гідроелектростанції.

Компанія The9 і фірма Montcrypto, що котирується на Nasdaq, побудують вуглецево-нейтральний майнінг-центр проектною потужністю 20 МВт в канадському Калгарі, як джерело електроенергії залучаючи природний газ.

Раніше Montcrypto уклала необхідні угоди з місцевими видобувними компаніями. Мобільні та модульні установки майнінгового обладнання розмістять поблизу нафтових свердловин, де забезпечать вилучення, обробку та перетворення палива на енергію.

Square і компанія Blockstream оголосили про спільний проєкт зі створення демонстраційного центру біткоїн-майнінгу на сонячній енергії в США.

Партнери планують забезпечити публічну прозорість, поділившись подробицями економічних результатів проєкту. Партнери нададуть доступ до даних, включаючи експлуатаційні витрати та рентабельність інвестицій, і знання, набуті під час будівництва майнінг-ферми на відновлюваних джерелах енергії.

Square має намір інвестувати в об'єкт 5 млн дол., Blockstream надасть інфраструктуру і досвід для створення та управління майнінговим підприємством. Проєкт стане доказом концепції масштабної ферми з видобутку біткоіну повністю на «зеленій» енергетиці.

Згідно з дослідженнями Square та ARK Invest видобуток першої криптовалюти може сприяти прискоренню переходу до відновлюваної енергетики. Дослідники переконані, що залежно від масштабування майнінгового бізнесу частку відновлюваних джерел у споживанні енергосистеми можна довести до 99 %.

Сьогодні майнінг криптовалют є досить великим бізнесом. Основна проблема, яка може звести все нанівець, — це величезна кількість енергії, яка потрібна для видобутку криптовалют. Обчислення хеш-функцій досить сильно навантажують процесори, що збільшує енергоспоживання і провокує потужне виділення тепла.

У липні 2022 р. стало відомо, що понад половину від всієї кількості Bitcoin майнять на «зеленій» енергії. Дослідники з організації Bitcoin Mining Council, що об'єднує майнерів BTC по всьому світу, виявили, що частка екологічної енергії у видобутку біткоіна досягла 60 %. Також аналітики зазначили, що за останній рік споживання електроенергії для майнінгу впало на третину, а майнери Bitcoin генерують усього 0,09 % загальних викидів вуглекислого газу в атмосферу.

За квітень, травень і червень 2022 р. частка «зеленої» енергії у майнінгу BTC зросла на 6 % порівняно з аналогічним періодом минулого року. Станом на сьогодні компанії, що входять до Bitcoin Mining Council, забезпечені електрикою з відновлюваних джерел на 66,8 % — це без перебільшення рекордний показник у галузі.

Майнери, по суті, намагаються вирішити неймовірно складні математичні задачі за допомогою спеціального обладнання. Цей процес споживає велику кількість електроенергії. Протягом останніх кількох років у міру зростання цін на біткоіна (BTC) і ефір (ETH) все більше і більше майнерів приєднувалися до видобутку криптовалют і брали участь у своерідній гонці озброєнь, щоб збільшити хеш-потужність власних майнінг-ферм. За оцінками Кембриджського центру альтернативних фінансів, поточне річне споживання електроенергії мережею Bitcoin становить приблизно 145 ТВт/год, розподілене між усіма майнерами в усьому світі, що становить приблизно 0,65 % загального світового споживання електроенергії [2].

За іншими оцінками, річне розрахункове споживання електроенергії мережею біткоіна значно нижче: ближче до 75 ТВт/год [1]. Ця невідповідність свідчить про невизначеність в оцінках і потребі в більш стандартизованих методологіях і даних для належної оцінки споживання електроенергії майнінгом криптовалют.

Отже, визначення поточного енергоспоживання та викидів вуглецю від майнінгу блокчейнів PoW, як відомо, досить складне, а оцінки різних сторін і дослідників сильно відрізняються.

Прогнози вимагають кількох складних припущень, і навіть майбутньої ціни токена (а також мережових комісій), хеш-швидкості мережі, розподілу місць майнінгу та майбутнього енергетичного балансу цих майнерів або місць. Технологічні інновації в космосі також призводять до підвищення ефективності, що ще більше ускладнює майбутні прогнози використання електроенергії.

Значна частка всього майнінгу PoW вже забезпечується відновлюваними джерелами електроенергії, однак точна частка залишається невідомою. За даними Кембриджського центру альтернативних фінансів, в середньому 39 % майнінгу, який підтверджує свою роботу (не перебуває в тіні), живиться відновлюваною енергією, переважно гідроелектроенергією [7].

Станом на 2019 р. це більше за середню від глобальної частки відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії у розмірі 25 % [6]. Інші дослідження, такі як звіт Bitcoin Mining Network від CoinShares Research, оцінюють частку відновлюваних джерел у майнінгу Bitcoin PoW до 74 % [4].

Основною проблемою у визначенні частки відновлюваних джерел енергії з видобутку біткоїнів і PoW-майнінгу в цілому є змінна природа відновлюваних джерел електроенергії.

Наприклад, у провінції Сичуань (Китай), де ведеться велика частка видобутку криптовалюти, середня потужність виробництва електроенергії під час дощового сезону втричі перевищує потужність посушливого сезону. Через подібного роду коливання виробництва гідроелектроенергії біткоїн-майнери можуть використовувати дешеву гідроелектроенергію лише протягом певних періодів часу [1].

Оскільки електроенергія є основною операційною витратою для майнерів, існує жорстка конкуренція за пошук найдешевших джерел електроенергії, що робить недорогу відновлювану електроенергію, кількість якої різко знизилася за останнє десятиліття, привабливим варіантом. Насправді ж більше половини відновлюваних потужностей, доданих у 2019 р., досягли нижчих витрат на електроенергію, ніж нове видобуте вугілля, що являє собою привабливу можливість для сектору, який сильно залежить від дешевої електроенергії.

Одним із вагомих аргументів прихильників криптовалют PoW є те, що для майнінгу використовується надлишкова генерація відновлюваної енергії, тим самим зменшуючи скорочення та допомагаючи фінансово підтримувати розвиток відновлюваної енергетики, — найдешевшого джерела енергії в багатьох частинах світу. Хоча є докази цього, майнери здебільшого покладаються на базову потужність, що постачається в основному за рахунок традиційної електроенергії [5].

Однак виникає цікаве запитання: оскільки вартість відновлюваних джерел електроенергії продовжує падати, чи наслідуватимуть майнери PoW історичний прецедент, за яким енергомісткі товари використовувалися для експорту енергії з місць з великою кількістю електроенергії, що береться в обмеженій кількості, і все

частіше мігрують до районів з достатньою кількістю відновлюваних джерел?

Кілька ініціатив намагаються прискорити перехід до відновлюваних джерел електроенергії. Crypto Climate Accord, Energy Web, Rocky Mountain Institute та Alliance for Innovative, наразі працюють над тим, щоб забезпечити перехід індустрії криптовалют на 100 % відновлювані джерела електроенергії до 2030 р. Генеральний директор Twitter і Square Джек Дорсі оголосив у грудні 2021 р. про запуск Інвестиційної ініціативи Square у біткоїн-чисту енергію, фонду в розмірі 10 млн дол. США для підтримки компаній, які допомагають впровадженню відновлюваних джерел енергії в екосистемі видобутку криптовалюти.

Незважаючи на високі енергетичні потреби блокчейнів PoW, таких як Bitcoin або Ethereum, розробляються та впроваджуються нові механізми консенсусу, включаючи proof-of-stake (PoS), які усувають необхідність майнінгу. Неминучий перехід Ethereum від PoW до PoS скоротить попит на електроенергію з загальної мережі приблизно на 99 % [5].

Хоча відхід від PoW до більш енергоефективних засобів консенсусу може різко скоротити викиди вуглекислого газу, біткоїн залишатиметься ланцюгом PoW у найближчому майбутньому. І хоча Ethereum перебуває в процесі переходу на PoS, він також залишатиметься енергомістким ланцюгом PoW протягом наступного року чи навіть довше. Отже, потрібні стратегії інтеграції більшої частки відновлюваних джерел енергії в енергомісткий PoW-майнінг.

Попри те, що PoW майнінг нікуди не рухається (на даний момент), а його використання енергії може продовжувати зростати, розвиток цієї індустрії, що зароджується, буде і надалі стрімко розвиватися. Багато учасників блокчейну зосереджені на зменшенні використання енергії за допомогою нових засобів досягнення консенсусу та інноваційних засобів масштабування, про які йшлося раніше. Хоча майнінг PoW аж ніяк не є найбільшим споживачем електроенергії, завдяки своїй видимості він привертає велику увагу до вуглецевої інтенсивності енергетичного сектору в цілому.

Додаткову увагу, яку надає цей простір, можна використати як каталізатор для досягнення 100 % частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі, що робить майнінг криптовалют потенційним прискорювачем, а не блоком енергетичного переходу, зосередженого на відновлюваних джерелах енергії. В останньому звіті IRENA World Energy Transitions Outlook окреслено шлях до повної декарбонізації енергетичного сектору.

Висновки. Критики стверджують, що пов'язувати видобуток криптовалюти зі зростанням успіху та розширенням відновлюваної енергії досить проблематично. Оскільки енергетична і криптовалютна індустрії швидко змінюються, а невизначеність щодо регулювання обох сфер у поєднанні з нестабільністю цін, хиткою ліквідністю і мінливими труднощами майнінгу можуть поставити під загрозу успіх проєкту.

Біткоїн має волатильність, яка може значно збільшити чи обмежити прибутки. У той же час ринок часто не має достатньої ліквідності для проведення великих угод без впливу на ціну. Прибуток може суттєво коливатися щодня, як це було влітку 2021 р., коли китайські майнери були змушені масово розпродавати свої криптомонети.

Інше поширене занепокоєння полягає в непередбачуваності субсидій на відновлювану енергію в майбутньому, а також у тому, як виробник відновлюваної енергії, орієнтований на видобуток криптовалюти, може не мати змоги скористатися тими ж податковими пільгами, які отримують енергомережі, що продають електроенергію населенню.

Складність майнінгу також створює ризик. За останнє десятиліття майнінг біткоїнів ставав дедалі складнішим. Роздрібним майнерам важко конкурувати з потужними промисловими гравцями. Хоча наявність найкращої доступної технології є важливою, масштаб, у якому енергетичні проєкти будуть видобувати криптовалюту, уже вважається перевагою в середовищі видобутку, що стає все більш конкурентним. Крім того, кількість біткоїнів, отриманих від обробки транзакції, зменшується вдвічі приблизно кожні чотири роки.

Оскільки інновації продовжуються, відновлювана енергетика, безсумнівно, матиме більшу глобальну присутність як у майнінгу криптовалют, так і у виробництві електроенергії.

Оскільки операції з видобутку корисних копалин проводяться поряд із джерелом виробництва енергії, збільшення виробництва енергії з відновлюваних джерел, яке підтримується видобутком криптовалюти, створює більшу кількість недорогих чистих джерел енергії.

Останнім часом підвищена увага приділяється ролі, яку біткоїн може відігравати як резервний актив, і країни, зокрема, Сальвадор, Венесуела та Іран, зробили кроки в цьому напрямі.

Постійне вдосконалення і впровадження відновлюваних джерел енергії продовжує знижувати вирівняну вартість енергії — і майнінг криптовалюти лише прискорить цей процес. Ціни на енергоносії для споживачів знизяться, а енергомісткий бізнес

стане більш доцільним. Актив, який колись звинувачували в прискоренні зміни клімату, може відіграти роль у його зупинці, допомагаючи розширити можливості чистих і недорогих рішень.

Література

1. Bitcoin Energy Consumption Index. URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
2. Bitcoin network power demand. URL: <https://ccaf.io/cbeci/index>
3. Corbet S. Bitcoin-energy markets interrelationships — New evidence / Corbet S., Lucey B., Yarovaya, L. Resour. Policy, 2021. p. 70
4. Cryptocurrency mining and renewable energy: Friend or foe?, 2021. — URL: <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/cryptocurrency-mining-and-renewable-energy-friend-or-foe/>
5. De N., Michael Saylor: Mining Council Will ‘Defend’ Bitcoin Against ‘Uninformed’ and ‘Hostile’ Energy Critics, 2021. URL: <https://www.coindesk.com/markets/2021/05/25/michael-saylor-mining-council-will-defend-bitcoin-against-uninformed-and-hostile-energy-critics/>
6. James M. Campbell. Bitcoin, Crypto-Assets, and the Energy Sector, 2022. URL: [https://1npdf11.onenorth.com/pdfrenderer.svc/v1/abcpdf11/GetRenderedPdfByUrl/Bitcoin %20Crypto %20Assets %20Energy %20Sector.pdf?url=https %3a %2f %2fwww.foley.com %2fen %2finsights %2fpublications %2f2022 %2f12 %2fbitcoin-crypto-assets-energy-sector?format=pdf&attachment=false](https://1npdf11.onenorth.com/pdfrenderer.svc/v1/abcpdf11/GetRenderedPdfByUrl/Bitcoin%20Crypto%20Assets%20Energy%20Sector.pdf?url=https%3a%2f%2fwww.foley.com%2fen%2finsights%2fpublications%2f2022%2f12%2fbitcoin-crypto-assets-energy-sector?format=pdf&attachment=false)
7. Luxxfolio signs Crypto Climate Accord, reflecting commitment to green cryptocurrency mining and _ exchange, 2021. URL: https://money.tmx.com/en/quote/LUXX:CHI/news/5718111260601144/LUXXFOLIO_signs_Crypto_Climate_Accord_reflecting_commitment_to_green_cryptocurrency_mining_and_exchange

References

1. Bitcoin Energy Consumption Index. URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
2. Bitcoin network power demand. URL: <https://ccaf.io/cbeci/index>
3. Corbet S. Bitcoin-energy markets interrelationships — New evidence / Corbet S., Lucey B., Yarovaya, L. Resour. Policy, 2021. p. 70
4. Cryptocurrency mining and renewable energy: Friend or foe?, 2021. — URL: <https://www.smart-energy.com/renewable-energy/cryptocurrency-mining-and-renewable-energy-friend-or-foe/>
5. De N., Michael Saylor: Mining Council Will ‘Defend’ Bitcoin Against ‘Uninformed’ and ‘Hostile’ Energy Critics, 2021. URL: <https://www.coindesk.com/markets/2021/05/25/michael-saylor-mining-council-will-defend-bitcoin-against-uninformed-and-hostile-energy-critics/>
6. James M. Campbell. Bitcoin, Crypto-Assets, and the Energy Sector, 2022. URL: [https://1npdf11.onenorth.com/pdfrenderer.svc/v1/abcpdf11/GetRenderedPdfByUrl/Bitcoin %20Crypto %20Assets %20Energy %20Sector.pdf?url=https %3a %2f %2fwww.foley.com %2fen %2finsights %2fpublications %2f2022 %2f12 %2fbitcoin-crypto-assets-energy-sector?format=pdf&attachment=false](https://1npdf11.onenorth.com/pdfrenderer.svc/v1/abcpdf11/GetRenderedPdfByUrl/Bitcoin%20Crypto%20Assets%20Energy%20Sector.pdf?url=https%3a%2f%2fwww.foley.com%2fen%2finsights%2fpublications%2f2022%2f12%2fbitcoin-crypto-assets-energy-sector?format=pdf&attachment=false)

or.pdf/?url=https%3a%2f%2fwww.foley.com%2fen%2finsights%2fpublications%2f2022%2f12%2fbitcoin-crypto-assets-energy-sector?format=pdf&attachment=false

7. Luxxfolio signs Crypto Climate Accord, reflecting commitment to green cryptocurrency mining and exchange, 2021. URL: https://money.tmx.com/en/quote/LUXX:CHI/news/5718111260601144/LUXXFOLIO_signs_Crypto_Climate_Accord_reflecting_commitment_to_green_cryptocurrency_mining_and_exchange

Стаття надійшла до редакції 10.02.2023.