

**Ковальчук В.І.,** аспірант спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка  
**Науковий керівник: Буриченко М.Ю.,** к.т.н., професор кафедри Біокібернетики та аерокосмічної медицини (БІКАМ)

*(Національний Авіаційний Університет, м. Київ, Україна)*

## ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН В МЕДИЧНИЙ СФЕРІ

В останнє десятиліття блокчейн стає однією з найперспективніших технологій, яка привертає увагу академічних досліджень і різноманітних сфер промисловості. Блокчейн — однорангова мережа, в якій фіксуються транзакції, і незмінність якої гарантується сукупністю користувачів (комп'ютерів), без участі централізованого органу. Мережа блокчейн складається з упорядкованих записів, організованих у блочну структуру. Кожен блок даних містить хеш (унікальний ідентифікатор), пакети останніх транзакцій із мітками часу та хеш попереднього блоку. Тож власне ланцюг, в якому кожен попередній блок з'єднаний у хронологічному порядку з наступним, і називають блокчейном. [1]

У розрізі розвитку технології, варто відзначити появу так званих смарт-контрактів. Смарт-контракт — це комп'ютерний протокол, який запускається автоматично, коли виконуються передумови, і це сутність, відокремлена від оригінальної технології блокчейн. Смарт-контракт було прийнято як ключову функцію Blockchain 2.0, яка розширювала застосування технології блокчейн за межі криптовалюти.

Багато аспектів технології блокчейн, наприклад незмінність даних, у кожному окремому блоці, привертають увагу сектору охорони здоров'я, і викликають жваві обговорення перспектив. Очікується, що технологія блокчейн покращить управління медичною документацією, прискорить клінічні та біомедичні дослідження та розширить журнал біомедичних і медичних даних. Ці очікування ґрунтуються на ключових аспектах технології блокчейн, таких як децентралізоване управління, незмінний аудиторський слід, прозорість походження даних, надійність, а також покращена безпека та конфіденційність. [2]

Більше того, уже існує ряд програмних застосунків (переважно у вигляді прототипів або тестових версій) які так чи інакше використовують технологію блокчейн для оптимізації процесів у сфері охорони здоров'я. Одним з активно досліджуваних напрямів в цій сфері є електронний документообіг. Так, наприклад, блокчейн використовують для впровадження електронних медичних карт нового покоління – EHR (Electronic Health Records). На відміну від попередньої версії - EMR (Electronic Medical Records), яка є фактично цифровою версією медичної картки пацієнта, EHR охоплює загальний стан здоров'я пацієнта, виходячи за рамки стандартних клінічних даних, і формує ширший підхід до лікування пацієнта. Одним з таких рішень є реалізація MedRec, яка пропонує децентралізований підхід до керування авторизацією, дозволами та обміном даними між зацікавленими сторонами. [3] Варто згадати також FHIRChain - програму на основі блокчейну, для обміну клінічними даними, яка зосереджена на управлінні медичними записами. [4]

Іншим важливим напрямом імплементації технології блокчейн у сферу охорони здоров'я є віддалений моніторинг пацієнтів. Дистанційне спостереження спрямоване на збільшення контролю за поточним станом пацієнта і зазвичай збирає медичні дані за допомогою мобільних пристроїв, натільних біометричних датчиків та інших пристроїв Інтернету речей. Блокчейн відіграє важливу роль у зберіганні, обміні та отриманні віддалено зібраних біомедичних даних. У цьому контексті першою згадкою зазвичай є програма, що використовує мобільні пристрої для передачі даних в мережі блокчейн. [5]

Окрім того, деякі програми демонструють, як смарт-контракти в мережі Ethereum забезпечують автоматизоване втручання в захищене середовище, підтримуючи програму моніторингу пацієнтів у реальному часі. [6]

Ще один ідентифікований приклад використання блокчейну – це фармацевтична промисловість. Постачання підроблених або невідповідних ліків очевидно має критичні наслідки для пацієнтів. Деякі рішення показують, що технологія блокчейн може бути задіяна для вирішення цієї проблеми. Для прикладу, розглянемо Modum.io - стартап, який використовує блокчейн для досягнення незмінності даних. Для перевірки відповідності температурним вимогам контролю якості цей стартап підтримує публічний доступ до записів про температуру фармацевтичної продукції під час її транспортування. [7] Проблема підроблених ліків була розглянута у ряді досліджень [8,9], де автори запобігають підробці, пропонуючи безпечний, незмінний і відстежуваний ланцюг фармацевтичного постачання на основі технології блокчейн. [10]

Однак, блокчейн не є рішенням усіх проблем і має власні недоліки як на технологічному так і на практичному рівні. Саме тому наприкінці 2021 року було опубліковане критичне дослідження, яке піддавало сумніву ефективність існуючих рішень в медичній сфері на основі блокчейну і перспективу технології, як такої. Було виокремлено цілий ряд проблем, які неодмінно виникають при намаганні впровадити цю технологію. Відзначається в першу чергу неготовність крупних організацій брати на себе зобов'язання щодо впровадження нової технології на постійній основі. Натомість, перевага надається короткотривалим експериментам без подальшого масштабування. Іншою значною перешкодою для впровадження блокчейну назвали відсутність сумісності між різними блокчейн системами. Для досягнення сумісності систем в сфері обміну медичними даними необхідна повна взаємодія між системами блокчейн; однак перспектива цього доволі далека, а можливо навіть недосяжна. Іншою колізією вважається необхідність збереження даних пацієнтів поза ланцюгом, через їхню кількість і високу чутливість. Однак, збереження даних пацієнтів в автономному режимі, призводить до того, що блокчейн-реєстр не може забезпечити безпеку даних. Через ці та деякі другорядні причини автори зауважують, що нинішній стан розвитку технології блокчейн не робить її єдиним і найкращим рішенням для сфери охорони здоров'я. [11]

Підсумовуючи вищевикладене, можна сказати, що наразі технологія блокчейн дійсно не є ідеальним рішенням для застосування у медичній сфері. Поточні дослідження як правило висвітлюють роботу технології лише в дуже обмеженому просторі завдань і не відповідають на питання масштабування. Однак, варто зауважити, що на блокчейн покладались очевидно занадто великі сподівання, як на інструмент, здатний одномоментно змінити медичну галузь. Абстрагуючись від завищених очікувань, можна констатувати, що блокчейн – все ж перспективна технологія для вузького застосування, зі своїми недоліками і перевагами. Більше того, існують реальні перспективи використання блокчейну для справжнього покращення галузі охорони здоров'я. Проте прогрес досягнення цієї мети, швидше за все, відбуватиметься поступово та більш приховано, а не через радикальні та швидкі зміни протягом короткого періоду.

#### Список використаних джерел:

1. Gupta M. *Blockchain for dummies. 2nd IBM Limited Edition*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons; 2018.
2. Yoon HJ. *Blockchain Technology and Healthcare. Healthc Inform Res.* 2019 Apr;25(2):59-60. doi: 10.4258/hir.2019.25.2.59. Epub 2019 Apr 30. PMID: 31131139; PMCID: PMC6517629.
3. Ekblaw, A., Azaria, A., Halamka, J.D., Lippman, A.: A case study for blockchain in healthcare: "MedRec" prototype for electronic health records and medical research data. In: *Proceedings of IEEE Open & Big Data Conference*, vol. 13, p. 13 (2016)

4. Zhang P, White J, Schmidt DC, Lenz G, Rosenbloom ST. FHIRChain: applying blockchain to securely and scalably share clinical data. *Comput. Struct. Biotech. J.* 2018;16:267–278. doi: 10.1016/j.csbj.2018.07.004.
5. Ichikawa D, Kashiya M, Ueno T. Tamper-resistant mobile health using blockchain technology. *JMIR mHealth uHealth.* 2017;5(7):e111. doi: 10.2196/mhealth.7938.
6. Griggs KN, Ossipova O, Kohlios CP, Baccarini AN, Howson EA, Hayajneh T. Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring. *J. Med. Syst.* 2018;42(7):130. doi: 10.1007/s10916-018-0982-x.
7. Bocek, T., Rodrigues, B.B., Strasser, T., Stiller, B.: Blockchains everywhere - a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In: *IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*, pp. 772–777, May 2017
8. Haq I, Esuka OM. Blockchain technology in pharmaceutical industry to prevent counterfeit drugs. *Int. J. Comput. Appl.* 2018;975:8887.
9. Raj, R., Rai, N., Agarwal, S.: Anticounterfeiting in pharmaceutical supply chain by establishing proof of ownership. In: *TENCON 2019–2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, pp. 1572–1577. IEEE (2019)
10. Ben Fekih R, Lahami M. Application of Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Study. *The Impact of Digital Technologies on Public Health in Developed and Developing Countries.* 2020 May 31;12157:268–76. doi: 10.1007/978-3-030-51517-1\_23. PMID: PMC7313278.
11. Yeung K. The Health Care Sector's Experience of Blockchain: A Cross-disciplinary Investigation of Its Real Transformative Potential. *J Med Internet Res.* 2021 Dec 20;23(12):e24109. doi: 10.2196/24109. PMID: 34932009; PMID: PMC8726042.