УДК 004.75+004.052+004.056+005.8 DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.2.2.19

В. В. КОВАЛЬ
кандидат фізико-математичних наук,
старший викладач кафедри кібербезпеки
Сумський державний університет
ORCID: 0000-0002-1593-5605

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ХМАРНОЇ МІГРАЦІЇ

У статті представлено аналіз теоретичних засад хмарної міграції – процесу переходу від традиційної локальної ІТ-інфраструктури до хмарних рішень. Підкреслено, що сучасні умови функціонування бізнесу та державного сектору характеризуються зростаючими вимогами до масштабованості, гнучкості та інформаційної безпеки, які часто не можуть бути задоволені за допомогою застарілих локальних систем. Однак попри численні переваги хмарних технологій, міграція до хмари супроводжується низкою викликів, пов'язаних із захистом даних, сумісністю, юридичними вимогами та ризиками кібербезпеки. На основі аналізу сучасних досліджень, у тому числі міжнародних та українських наукових публікацій, у роботі виділено три ключові аспекти, які мають бути враховані при хмарній трансформації, а саме: (1) недоліки традиційної локальної ІТ-інфраструктури, що включають високу вартість утримання, обмежену масштабованість, технічну складність підтримки та низьку стійкість до аварій; (2) переваги хмарних рішень, серед яких – гнучке масштабування, економічність, наявність сервісних моделей IaaS, PaaS, SaaS, автоматизоване управління та відповідність міжнародним стандартам безпеки; (3) проблематика безпечного перенесення сервісів і даних, яка охоплює питання шифрування, управління доступом, сумісності та дотримання правових норм. Увагу приділено також сучасним практикам захисту інформації в хмарних середовищах, таким як пентестинг, мікросегментація, використання багатофакторної аутентифікації, а також моделі управління ризиками. У роботі пропонується системний підхід до планування та реалізації хмарної міграції, що передбачає врахування специфіки бізнес-процесів, технологічних обмежень, нормативно-правового поля та загроз інформаційної безпеки. Результати дослідження можуть бути використані як основа для розробки стратегій цифрової трансформації в різних галузях, а також як аналітична база для подальших наукових і прикладних розробок у сфері хмарної безпеки та оптимізації ІТ-інфраструктур.

Ключові слова: *хмарні обчислення, хмарна міграція, ІТ-інфраструктура, цифрова трансформація, інформаційна безпека, хмарні сервіси, управління ризиками, кібербезпека, захист доступу.*

V. V. KOVAL
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Cybersecurity
Sumy State University
ORCID: 0000-0002-1593-5605

THEORETICAL FOUNDATIONS OF CLOUD MIGRATION

The article presents an analysis of the theoretical foundations of cloud migration – the process of transitioning from traditional on-premises IT infrastructure to cloud-based solutions. It emphasizes that the current conditions of business operations and the public sector are marked by increasing demands for scalability, flexibility, and information security, which are often unattainable using outdated local systems. However, despite the numerous advantages of cloud technologies, the migration process is accompanied by a range of challenges related to data protection, compatibility, legal compliance, and cybersecurity risks. Based on the analysis of recent studies, including both international and Ukrainian scientific publications, the paper identifies three key aspects that must be considered during cloud transformation: (1) the shortcomings of traditional on-premises IT infrastructure, including high maintenance costs, limited scalability, technical complexity of support, and low resilience to failures; (2) the advantages of cloud-based solutions, such as flexible scalability, cost-effectiveness, the availability of service models like IaaS, PaaS, and SaaS, automated management, and compliance with international security standards; and (3) the challenges of securely transferring services and data, covering issues such as encryption, access control, system compatibility, and adherence to legal regulations. The article also focuses on modern practices for securing information in cloud environments, including penetration testing, microsegmentation, the use of multi-factor authentication, and risk management models. A systematic approach to planning and implementing cloud migration is proposed, taking into account the specifics of business processes, technical limitations, regulatory frameworks, and information security threats. The results of the study can serve as a foundation for developing digital transformation strategies across various industries, as well as an analytical basis for further scientific and applied developments in the field of cloud security and IT infrastructure optimization.

Key words: *cloud computing, cloud migration, IT infrastructure, digital transformation, information security, cloud services, risk management, cybersecurity, access protection.*

Постановка проблеми

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів оброблюваної та інформації, яка зберігається, що вимагає нових підходів до побудови та експлуатації IT-інфраструктури. Традиційні локальні рішення вже не в змозі забезпечити належний рівень масштабованості, доступності та оперативного реагування на зміну бізнес-вимог. Усе це актуалізує необхідність переходу до хмарних технологій, які пропонують нові моделі управління ресурсами та обробки даних.

Незважаючи на значні перспективи, процес хмарної міграції пов'язаний з низкою технічних, організаційних та безпекових викликів. Необхідно враховувати складність перенесення критичних сервісів та даних, можливість втрати контролю над ними, а також питання сумісності з існуючими системами. Крім того, хмарні рішення вимагають перегляду політик управління доступом, резервного копіювання, моніторингу та аудиту, що потребує комплексного аналізу з боку фахівців.

Сьогодні багато організацій не мають уніфікованих підходів до хмарної міграції, що призводить до фрагментарних рішень, зниження надійності та виникнення нових загроз. З огляду на це, постає потреба в теоретичному обґрунтуванні основ хмарної міграції, вивченні її переваг і ризиків, а також розробці методологічних основ безпечного та ефективного переходу до хмарних середовищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні роки позначилися значним зростанням інтересу до хмарної міграції як стратегічного компоненту цифрової трансформації бізнесу та державних інституцій. Згідно з сучасними дослідженнями, опублікованими після 2020 року, перехід до хмарних рішень супроводжується не лише технологічними змінами, а й трансформацією регуляторних підходів, питань кібербезпеки та цифрового суверенітету.

У роботі [1] проведено системний аналіз цифрового суверенітету та ідентичності в умовах зростаючої інтеграції хмарних технологій. Автори акцентують увагу на моделі Self-Sovereign Identity (SSI), що набуває все більшого значення у контексті децентралізованих хмарних інфраструктур. Дослідження підкреслює переваги SSI, такі як підвищення конфіденційності, зменшення залежності від централізованих провайдерів та покращення механізмів цифрової довіри. Однак окреслюються й виклики, зокрема складність регуляторної адаптації, проблеми сумісності з існуючими стандартами та ризики, пов'язані з кібербезпекою.

У роботі [2] представлено систематичний огляд ключових аспектів кібербезпеки в хмарних інфраструктурах. Дослідження акцентує увагу на таких критичних проблемах, як витоки даних, пов'язані з неправильним налаштуванням прав доступу або вразливостями в API; відповідність регуляторним вимогам (наприклад, GDPR, HIPAA, ISO 27001); ефективні механізми захисту, регулярний аудит безпеки для виявлення аномалій. Автори підкреслюють, що інтеграція цих практик створює основу для розробки надійних політик хмарної міграції, зокрема в контексті захисту критичної інфраструктури.

Як зазначається у дослідженні [3], перехід від локальних інфраструктур до хмарних рішень суттєво підвищує технологічні можливості організацій. Серед ключових переваг виділяють масштабованість, висока доступність завдяки розподіленим центрам обробки даних, централізоване управління.

Ці фактори роблять хмарні середовища ідеальною платформою для впровадження штучного інтелекту та машинного навчання, оскільки останні вимагають значних обчислювальних ресурсів та гнучкості в їх розподілі.

Дослідження [4] присвячене аналізу механізмів підвищення ефективності хмарних сервісів, зокрема: ізоляція трафіку (використання технологій VLAN, SDN та мікросегментації для запобігання міжсервісним атакам), балансування навантаження (застосування алгоритмів, наприклад, Round Robin, Least Connections для оптимального розподілу запитів), мінімізація затримок (розгортання CDN та Edge-обчислення). Ці рішення є критично важливими для забезпечення відмовостійкості та продуктивності хмарних систем, особливо під час масштабних міграцій або обробки даних у реальному часі.

В рамках роботи [5] запропоновано гібридну модель ухвалення рішень щодо хмарної міграції, яка дозволяє враховувати численні технічні, фінансові та безпекові фактори. Представлена методологія дозволяє організаціям систематизовано оцінювати доцільність і ризики перенесення IT-інфраструктури до хмари. Це дослідження сприяє формуванню стратегічного підходу до планування хмарних ініціатив, підвищуючи ефективність управлінських рішень.

Водночас українські дослідники [6–11] зосереджуються на прикладних аспектах хмарної міграції в державному секторі, зокрема на питаннях інформаційної безпеки та кадрових викликів. Вони вказують на необхідність адаптації політик доступу до нових умов експлуатації хмарних систем, а також на розробку механізмів контролю для збереження конфіденційності службової інформації в публічних хмарах. Окрім того, підкреслюється важливість підготовки фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифрової трансформації.

Загалом, наведені праці демонструють зростаючу складність проблем, що супроводжують процес переходу до хмари, і необхідність узагальнення кращих практик, а також формування універсальних рамкових підходів до управління цим процесом. Поряд із цим, спостерігається активна еволюція дослідницьких інтересів – від загальних переваг хмарних сервісів до глибокого аналізу ризиків, правового регулювання та методів валідації

ефективності хмарної міграції в конкретних галузях. Це свідчить про високий науковий та практичний потенціал даної тематики.

Формулювання мети дослідження

Метою даного дослідження є визначення основних теоретичних засад хмарної міграції, зокрема виявлення ключових проблем, переваг і ризиків, що супроводжують процес переходу від традиційної локальної IT-інфраструктури до хмарних рішень. В рамках дослідження передбачається здійснити аналіз сучасних підходів до хмарної міграції, оцінити ефективність існуючих моделей і підходів, а також розробити рекомендації щодо забезпечення безпеки та надійності цього процесу.

Викладення основного матеріалу дослідження

На основі аналізу літературних джерел та сучасних наукових публікацій, у процесі вивчення теоретичних засад хмарної міграції доцільно виділити три ключові напрямки:

– недоліки традиційної локальної IT-інфраструктури;
– переваги впровадження хмарних технологій;
– проблематику безпечного перенесення даних і сервісів до хмари.

Ретельне вивчення кожного з цих аспектів дозволяє не лише об'єктивно оцінити доцільність міграції, а й визначити оптимальний шлях її реалізації з урахуванням специфіки бізнес-процесів, технічних обмежень та нормативних вимог. Саме узгоджене поєднання зазначених чинників, за умови мінімізації ризиків і максимізації переваг, формує основу для прийняття стратегічного рішення щодо хмарної трансформації.

1. Недоліки традиційної локальної інфраструктури.

Традиційна локальна IT-інфраструктура має низку суттєвих обмежень, які можна класифікувати за кількома критеріями, які потім застосувати для оптимізації:

Фінансові витрати: Висока вартість утримання, оновлення обладнання та ліцензій на програмне забезпечення. Організації змушені інвестувати у власні серверні приміщення, систему охолодження, резервне електроживлення та інші інженерні системи.

Обмежена масштабованість: Локальні системи потребують часу на розширення потужностей, що ускладнює оперативне реагування на зростання навантаження або зміни бізнес-потреб.

Залежність від фізичного середовища: Сервери потребують стабільного електропостачання, контролю температури та захисту від фізичних пошкоджень (пожежі, затоплення, крадіжки).

Технічне обслуговування: Необхідність постійного адміністрування, оновлення ПЗ, виправлення апаратних збоїв, що призводить до значних людських витрат.

Низький рівень автоматизації: Локальні системи часто потребують ручного втручання, тоді як хмарні технології пропонують інструменти DevOps, оркестрації та CI/CD.

Обмежена стійкість до катастроф: У разі аварії відновлення даних може зайняти дні або тижні, тоді як хмарні провайдери зазвичай пропонують георозподілені резервні копії та автоматичне відновлення.

Ці обмеження роблять традиційну інфраструктуру менш ефективною в умовах динамічного розвитку бізнесу, особливо для стартапів, компаній з сезонним навантаженням або глобальних проектів.

2. Переваги використання хмарних рішень.

Хмарні технології пропонують організаціям суттєві переваги, які можна структурувати таким чином:

Гнучкість і масштабованість. Миттєве збільшення або зменшення обчислювальних потужностей залежно від потреб. Можливість використання глобально розподілених датацентрів для покращення швидкодії сервісів.

Економічна ефективність. Оплата лише за фактично використані ресурси (модель pay-as-you-go). Відсутність необхідності капітальних витрат на обладнання.

Різноманітність сервісних моделей. IaaS (Infrastructure as a Service) – віртуальні сервери, мережеві ресурси, сховища даних. PaaS (Platform as a Service) – готові платформи для розробки та розгортання додатків. SaaS (Software as a Service) – готові програмні рішення (наприклад, CRM, ERP, офісні пакети).

Надійність і безпека. Автоматичне резервне копіювання та реплікація даних. Вбудовані механізми захисту від DDoS-атак, шифрування даних. Відповідність міжнародним стандартам (ISO 27001, SOC 2, GDPR).

Сучасні інструменти управління. Автоматизація DevOps-процесів (Kubernetes, Terraform, Ansible). Розширена аналітика та моніторинг (наприклад, AWS CloudWatch, Azure Monitor).

Завдяки цим перевагам хмарні технології стають оптимальним вибором для компаній, які прагнуть до цифрової трансформації, підвищення конкурентоспроможності та зменшення операційних витрат.

3. Проблематика безпечного перенесення даних і сервісів до хмари.

Хоча хмарні технології пропонують численні переваги, процес міграції супроводжується технічними, організаційними та правовими викликами:

Захист даних. Ризики під час передачі інформації через інтернет (перехоплення, MITM-атаки). Необхідність шифрування даних як під час передачі (in transit), так і під час зберігання (at rest).

Контроль доступу. Управління правами користувачів (IAM-політики, багатофакторна аутентифікація). Запобігання внутрішнім загрозам (наприклад, коли співробітники мають надмірні привілеї).

Відповідність нормативним вимогам. Дотримання GDPR, HIPAA, PCI DSS залежно від галузі. Юрисдикційні питання (де саме зберігаються дані та які закони застосовуються).

Сумісність і безперервність роботи. Інтеграція старих локальних систем із хмарними сервісами (API, мікросервісна архітектура). Мінімізація простоїв під час міграції (zero-downtime migration).

Управління ризиками. Проведення пентестів (penetration testing) для виявлення вразливостей. Налаштування систем моніторингу та реагування на інциденти.

Висновки

У статті розглянуто теоретичні засади хмарної міграції, окреслено недоліки традиційної IT-інфраструктури, переваги використання хмарних технологій, а також ідентифіковано проблематику безпечного перенесення даних. Перехід до хмари відкриває широкі можливості для оптимізації витрат та підвищення ефективності функціонування організацій, однак вимагає ретельного підходу до безпеки. Подальші дослідження мають бути спрямовані на створення ефективних стратегій безпечної міграції з урахуванням специфіки галузей і даних.

Список використаної літератури

1. Tan, K. L., Chi, C.-H., Lam, K.-Y. Survey on Digital Sovereignty and Identity: From Digitization to Digitalization. *ACM Computing Surveys*. 2023. Vol. 56(3), Article 61. DOI: https://doi.org/10.1145/3616400

2. Akinade A. O., Adepoju P. A., Ige A. B., Afolabi A. I. Cloud Security Challenges and Solutions: A Review of Current Best Practices. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*. 2025. Vol. 6, № 1. P. 26–35. DOI: https://doi.org/10.54660/.IJMRGE.2025.6.1.26-35

3. Ranjan A. From on-premise to cloud: Evolving IT infrastructure for the AI age. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2023. Vol. 20(3). P. 1898–1934. DOI: https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.1590

4. Zhang T., Zhang Q., Lei Y., Zou S. Load balancing with traffic isolation in data center networks. *Future Generation Computer Systems*. 2022. Vol. 127. P. 126–141. DOI: https://doi.org/10.1016/j.future.2021.09.002

5. Shirvani M. H., Amin G. R., Babaeikiadehi S. A decision framework for cloud migration: A hybrid approach. *IET Software*. 2022. Vol. 16(6) P. 603–629. DOI: https://doi.org/10.1049/sfw2.12072

6. Петренко О. С. Питання безпеки при хмарній міграції в органах публічної влади. *Інформаційні технології і безпека*. 2023. № 1(15). С. 45–53.

7. Коваленко І. М. Особливості впровадження хмарних сервісів у сфері публічного управління. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2022. № 12. С. 17–25.

8. Кужда Т. І., Луциків І.В. Дослідження ролі та оцінювання перспектив розвитку хмарних сервісів у сфері публічного управління. *Трансформація бізнесу для сталого майбутнього: дослідження, цифровізація та інновації*: монографія / за ред. О. А. Сороківської. Тернопіль, 2024. С. 373–386.

9. Kovalenko O. Application of cloud technologies in constructing situation management systems. *Information technology and security*. 2015. Vol. 3. P. 11–18. DOI: https://doi.org/10.20535/2411-1031.2015.3.1.57679

10. Шевчук І., Депутат Б. Економічний аспект використання хмарних технологій у діяльності органів публічної влади та бізнес-структур. *Економіка та суспільство*. 2021. № 31. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-26

11. Глушенко Б. І. Перспективи розвитку та використання хмарних технологій державного сектору: кращі практики зарубіжного досвіду. *Інформація і право*. 2021. № 2(37). С. 39–45. DOI: https://doi.org/10.37750/2616-6798.2021.2(37).238334

References

1. Tan K. L., Chi C.-H., Lam K.-Y. (2023) Survey on Digital Sovereignty and Identity: From Digitization to Digitalization. *ACM Computing Surveys*, vol. 56(3), article 61. https://doi.org/10.1145/3616400

2. Akinade A. O., Adepoju P. A., Ige A. B., Afolabi A. I. (2025) Cloud Security Challenges and Solutions: A Review of Current Best Practices. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, vol. 6(1), no. 1, pp. 26–35. https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2025.6.1.26-35

3. Ranjan A. (2023) From on-premise to cloud: Evolving IT infrastructure for the AI age. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 20(3), pp. 1898–1934. https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.1590

4. Zhang T., Zhang Q., Lei, Y., Zou S. (2022) Load balancing with traffic isolation in data center networks. *Future Generation Computer Systems*, vol. 127, pp. 126–141. https://doi.org/10.1016/j.future.2021.09.002

5. Shirvani M. H., Amin G. R., Babaeikiadehi S. (2022) A decision framework for cloud migration: A hybrid approach. *IET Software*, vol. 16(6), pp. 603–629. https://doi.org/10.1049/sfw2.12072

6. Petrenko O. S. (2023) Pytannja bezpeky pry khmarnij mighraciji v orghanakh publichnoji vlady [Security issues during cloud migration in public authorities]. *Informacijni tekhnologhiji i bezpeka* [Information technology and security], vol. 1(15), pp. 45–53.

7. Kovalenko I. M. (2022) Osoblyvosti vprovadzhennja khmarnykh servisiv u sferi publichnogho upravlinnja [Features of implementing cloud services in the field of public administration]. *Derzhavne upravlinnja: udoskonalennja ta rozvytok* [Public administration: improvement and development], vol. 12, pp. 17–25.

8. Kuzhda T. I., Lutsykiv I.V. (2024) Doslidzhennja roli ta ocinjuvannja perspektyv rozvytku khmarnykh servisiv u sferi publichnogho upravlinnja [Research on the role and assessment of the development prospects of cloud services in the field of public administration]. *Transformacija biznesu dlja stalogho majbutnjogho: doslidzhennja, cyfrovizacija ta innovaciji* [Business Transformation for a Sustainable Future: Research, Digitalization and Innovation]. Ternopil. pp. 373–386.

9. Kovalenko O. (2015) Application of cloud technologies in constructing situation management systems. *Information Technology and Security*, vol. 3, pp. 11–18. https://doi.org/10.20535/2411-1031.2015.3.1.57679

10. Shevchuk I, Deputat B. (2021) Ekonomichnyj aspekt vykorystannja khmarnykh tekhnologhij u dijaljnosti orghaniv publichnoji vlady ta biznes-struktur [Economic aspect of the use of cloud technologies in the activities of public authorities and business structures]. *Ekonomika ta suspiljstvo* [Economy and Society], vol. 31. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-26

11. Hlushchenko B. (2021) Perspektyvy rozvytku ta vykorystannja khmarnykh tekhnologhij derzhavnogho sektoru: krashhi praktyky zarubizhnogho dosvidu [The prospects for development and use of public sector cloud technologies: Best practices of foreign experience]. *Informacija i pravo* [Information and Law], vol. 2(37), pp. 39–45. https://doi.org/10.37750/2616-6798.2021.2(37).238334