

Святослав Ігорович Князєв,*д-р екон. наук, старший науковий співробітник, учений секретар*

Відділення економіки Національної академії наук України

вул. Володимирська, 54, м. Київ, 01601, Україна

E-mail: ksi@nas.gov.ua<https://orcid.org/0000-0002-5308-4960>

МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ ТА ЙОГО МІСЦЕ У ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Становлення цифрової економіки у світі відбувається завдяки розвитку нових про-ривних технологій, що розгортаються у процесі четвертої промислової революції. Базовою з них став мобільний зв'язок п'ятого покоління (5G), що забезпечує можливість реалізації великого обсягу нових інформаційно-комунікаційних та апаратних рішень і продуктів для економіки та суспільства. Держави, що набувають першості в розбудові 5G-інфраструктури та загальному прийнятті стандартів мобільного зв'язку п'ятого покоління, зможуть застосувати свій успішний досвід для розгортання нового покоління зв'язку в інших країнах, що відкриває широкі можливості для посилення технологічного, економічного та геополітичного впливу.

Статтю присвячено аналізу тенденцій становлення та розвитку технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління у світі та його впливу на процеси цифровізації економіки, а також визначенню перспективних практик для імплементації в умовах України.

Визначено, що для 5G, на відміну від попередніх поколінь зв'язку, характерна масштабна віртуалізація що виходить за рамки виключно апаратних й інфраструктурних рішень, а більшість його функціоналу реалізується програмним способом. Саме тому його часто називають не мережею, а системою або платформою, що уможливило реалізацію значного обсягу послуг і рішень, таких як: надшвидкісна передача даних, різноманітний спектр сервісів Інтернету речей, збереження великих масивів даних у хмарних сховищах, сервіси віртуальної реальності, смарт-автоматизація та роботизація виробництва, безпілотний транспорт та ін. Проте для 5G має і недоліки (унаслідок використання коротких радіохвиль із швидким затуханням), які актуалізують виклики, пов'язані зі зростанням споживання сировини й енергії, збільшенням техногенного навантаження, недостатністю вивчення впливу на здоров'я людини, негативним впливом на локальні екосистеми тощо.

Визначено, що 5G-технології, будучи новими, згідно з концепцією життєвого циклу технологій перебувають у нижній частині S-подібної технологічної кривої. Цей етап розвитку технологій характеризується значними обсягами фінансових вкладень та невеликою економічною віддачею, пов'язаною передусім із продажами радіочастотного ресурсу.

Запропоновано заходи, спрямовані на уникнення в майбутньому для України ролі сировинного придатку технологічно розвинутих країн, а також формування сприятливого національного інституційного середовища та забезпечення підтримки і стимулювання розвитку новітніх технологій цифрового зв'язку.

Ключові слова: мобільний зв'язок п'ятого покоління, технології 5G, спектр радіочастот, цифрова економіка, бізнес-виробничі системи, локальні екосистеми, смарт-автоматизація виробництва.

JEL: O 10; O 33

Мобільний зв'язок п'ятого покоління, або 5G, сьогодні став базовою технологією

для розвитку цифрової інфраструктури та подальшого розвитку таких ключових тех-

© С. І. Князєв, 2021

нологій цифрової економіки та четвертої промислової революції, як передача великих обсягів даних, Інтернет речей (у т. ч. промисловий), автоматизація і роботизація виробництва, штучний інтелект та ін. Країни (групи країн), які зможуть першими подолати технологічні та організаційні бар'єри на шляху до повноцінного розгортання мереж п'ятого покоління, отримають стратегічні техніко-економічні переваги, зокрема через прийняття (закріплення) їх національних техніко-технологічних розробок у якості світових стандартів у даній сфері.

Завершення процесу стандартизації технологій і рішень для мобільного зв'язку п'ятого покоління передбачається наприкінці 2021 р., тому на даний момент під терміном 5G поки що маються на увазі фрагментарні рішення, які в майбутньому увійдуть до складу повномасштабних рішень (стандарту) ITM-2020 (International Mobile Telecommunications-2020). Такі рішення вже розгортаються в різних країнах, натомість поки що мають локальний тестовий характер і не надають усього запланованого функціоналу мереж стандарту ITM-2020. Упровадження передової технології 5G із надшвидкісною передачею даних, високою пропускну здатністю та низькою затримкою забезпечить стимулювання прискореного розвитку промислового Інтернету речей (Industrial Internet of Things, IIoT), цифрової економіки і всього, що з цим пов'язано, зокрема світового лідерства. Саме тому головні змагання за лідерство у сфері 5G, що на сьогодні точаться між США та КНР, набувають ознак боротьби за виживання з одним переможцем. Технології стандарту 5G стають для цих країн ще одним новим потенційним інструментом для розширення власного впливу у світі, що швидко і невідпинно змінюється.

Усе це обумовлює популярність проблематики становлення та розвитку сфери 5G як актуального напрямку досліджень, що підтверджується широким спектром наукових і аналітичних публікацій. Суттєвий внесок у розробку підходів до оцінки

впливу розвитку технологій 5G на процеси становлення цифрової економіки та Індустрії 4.0 на національному та світовому рівнях, а також на зміни у геополітичному та гео економічному середовищі здійснено фахівцями в рамках досліджень профільних (приватних і державних) установ різних країн (Abdelwahab, Hamdaoui, Guizani, Znati, 2016; Shafi, Molisch, Smith, Haustein, Zhu, De Silva, Tufvesson, 2017; Данилин, 2018; Механик, 2020; Хуторецкий, 2019) та ін. В Україні питання впливу розвитку цифрових технологій, зокрема 5G, на техніко-економічний розвиток окремих країн та гео економічні трансформаційні зміни світу загалом висвітлено в розробках Державного університету телекомунікацій (Толубко, 2016), Інституту економіки промисловості НАН України (Вишневецький, Гаркушенко, Князев, 2020; Вишневецький, 2020; Збаразська, 2019) та ін.

Разом із тим повсякчасні динамічні зміни у процесі цифровізації економіки потребують актуалізації аналізу та оцінки впливу на трансформаційні процеси як у контексті окремих національних економік, у тому числі України, так і в глобальному економічному середовищі.

Метою статті є аналіз тенденцій становлення і розвитку технологій мобільного зв'язку п'ятого покоління та його впливу на процеси цифровізації економіки.

Основні техніко-економічні характеристики мобільного зв'язку п'ятого покоління

Історія існування та розвитку мобільного зв'язку демонструє, що кожне наступне його покоління випереджає попереднє, головним чином за фізичними характеристиками:

1G (~ 1980): послуги передачі мови аналоговими (стільниковими) мережами;

2G (~ 1990): послуги передачі мови цифровими мережами першого покоління CDMA (Code Division Multiple Access), GSM (Global System for Mobile Communications), TDMA (Time Division Multiple Access), а також SMS (Short Message Service);

3G (~ 2000): послуги високошвидкісної передачі даних (HSPA) із можливістю передачі мови в мережі IP, мобільний доступ в інтернет MBB (Mobile Broadband);

4G (~ 2010): мобільний широкосмуговий доступ MBB на базі LTE (Long-Term Evolution), LTE-A (Long-Term Evolution Advanced), WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), передача мовлення (VoLTE).

5G (~ 2015): нове покоління мобільного зв'язку, що працює на міліметрових

хвилях (які добре знайомі фахівцям і використовувалися у військовій сфері протягом кількох десятиліть), має такі принципові переваги порівняно з 4G¹: вища швидкість передачі даних; низька затримка сигналу; можливість підключення більшої кількості користувачів; багатократне збільшення пропускну здатності; висока мобільність користувачів. Порівняння ключових характеристик стандартів 4G та 5G наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння ключових характеристик стандартів мобільного зв'язку 4G і 5G

| Параметри | 4G | 5G |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Пікова швидкість завантаження | 1 Гбіт/с | 20 Гбіт/с |
| Швидкість завантаження для користувачів | 10 Мбіт/с | 100 Мбіт/с |
| Затримки | 10 мс | 4 мс (1 мс для URLLC ²) |
| Максимальна швидкість переміщення без втрати сигналу | 350 км/Г | 500 км/Г |
| Щільність підключення | 100 тис. пристроїв / км ² | 1 млн. пристроїв / км ² |
| Трафік на одиницю площі | 0,1 Мбіт/с/м ² | 10 Мбіт/с/м ² |

Джерело: TAdviser. 5G – Пятое поколение мобильной связи [online]. Аналитический центр Tadviser, Государство. Бизнес. ИТ, 2019. 28 января. URL: <http://www.tadviser.ru/a/270048> (дата звернення: 05.01.2021).

Серед недоліків (проблемних питань) зв'язку 5G слід відзначити той факт, що краща передача сигналу відбувається між пристроями, розташованими в зоні прямої видимості на відстані до 250 м, в іншому разі якість сигналу різко знижується (міліметрові хвилі є найкоротшими та швидко згасають, натомість забезпечують швидкість передачі даних у кілька Гбіт/с) (Хуторецький, 2019). Хоча дана проблема і може бути вирішена шляхом розвитку інфраструктури (значне збільшення кількості різноманітних передавачів), однак це не вирішує питань безпеки, збереження і конфіденційності передачі даних. Натомість гостро актуалізуються інші виклики: збільшення енергоспоживання (у кілька разів); багаторазове збільшення споживання сировини та формування електронних відходів, що збільшують техногенне навантаження; недостатнє вивчення впливу на здоров'я людини; негативний вплив на локальні екосистеми та ін.

Сьогодні використання 5G планується в різних спектрах радіочастот. Окрім діапазону 3,4-3,8 ГГц, який став найпопулярнішим у світі (це найнижчий із вільних діапазонів, де можливо виділяти широкі спектри), використовуватимуться частоти як 700 МГц (для роботи безпілотних автомобілів, роботів та автоматизованого промислового обладнання), так і в діапазоні від 24 ГГц і вище (Shafi et al., 2017).

Основна причина переходу на нові діапазони – нестача частот у сегменті нижче 6 ГГц. Для того щоб надати операторам зв'язку нові частоти, а разом із цим і більш широкі смуги для передачі великих обсягів даних, під мобільний зв'язок виокремлю-

¹ Гордовский Д. (2019). 5G: как работает технология и зачем нам это нужно. URL: <https://rb.ru/longread/what-is-5G> (дата звернення: 04.01.2021).

² URLLC (Ultra Low Latency Reliable Communication) – надійний зв'язок із наднизькою затримкою.

ються два діапазони: FR1 (Frequency Range 1) та FR2 (Frequency Range 2). Перший включає традиційні частоти нижче 6 ГГц, другий – принципово нові частоти міліметрового діапазону (від 24 до 100 ГГц) залежно від країни оператора.

Ще однією важливою відмінною рисою 5G є масштабна віртуалізація – використання технології, що виходить за рамки виключно апаратних рішень (Abdelwahab, Hamdaoui, Guizani, Znati, 2016). Більшість функцій у ній реалізуються програмним способом, а не на рівні фізичної інфраструктури й апаратних рішень (за допомогою вдосконалення обладнання). Саме тому для 5G зазвичай використовують терміни «система» та «платформа», а не «мережа». Платформа 5G будується на базі програмних рішень, зокрема програмно-конфігурованих мереж SDN (Software Defined Network), а також віртуальної мережевої функції NFV (Network Function Virtualization).

Функції 5G реалізуються у віртуальних програмних функціях VNF (Virtual Network Function), що працюють в інфраструктурі NFV. Різниця між цими двома поняттями полягає в тому, що VNF – це функція, а NFV – технологія, яка реалізується у фізичній інфраструктурі дата-центрів (data center – DC) на базі стандартного комерційного обладнання COTS (Commercial Off The Shelf). Обладнання COTS включає три види стандартних пристроїв – сервери (обчислювальні пристрої), комутатори (мережеві пристрої) та системи збереження даних. Таки чином, обладнання традиційних мереж мобільного зв'язку змінюється на програмні сутності, що працюють у дата-центрах на стандартних серверах і віртуальних машинах (Virtual machines, VM)¹. Важливу роль у розвитку 5G відіграватимуть «граничні хмари» (Edge Cloud), зокрема технологія MEC (Mobile Edge Cloud) та «туманні хмари» (Fog Cloud).

¹ TAdviser (2019). *5G – Пятое поколение мобильной связи*. URL: <http://www.tadviser.ru/a/270048> (дата звернення: 03.01.2021).

Сфери застосування технологій 5G

Як зазначено вище, 5G суттєво розширює обмежений функціонал мобільних мереж попередніх поколінь. Його основними функціональними особливостями є²:

удосконалений мобільний широко-
смуговий доступ eMBB (enhanced MBB);

надійні комунікації з низькою затримкою ULLRC;

масиви мереж машинних комунікацій Massive IoT / ПоТ, mMTC (massive Machine Type Communication);

передача даних із низькою затримкою між безпілотними транспортними засобами, що рухаються, та хмарними дата-центрами для віддаленого управління й обслуговування V2X (Vehicle-to-Everything);
спутниковий доступ (Satellite access).

На відміну від мереж попередніх поколінь, спектр послуг яких був обмеженим, послуги платформи 5G мають синергетичний і масштабований характер та не обмежені первинним функціоналом. Фактично 5G відіграє роль платформи для розробки нових послуг і додатків DevOps, коли нові функції створюються розробниками в тісній координації з групами, що відповідають за їх упровадження в експлуатацію. Ключовим аспектом технології, крім збільшених параметрів потужності мережі, є підхід до формування конкретного (орієнтованого на споживача) продукту. Частотні діапазони, конструктивні особливості засобів передачі та програмні компоненти будуть адаптовані до потреб різних категорій споживачів – від звичайних користувачів гаджетів до промислових підприємств і міської інфраструктури. Також за рахунок мереж п'ятого покоління стане можливим підвищення якості використання вже існуючих сервісів, у яких застосовуються великі обсяги трафіка.

² Scott Fulton III (2020). *What is 5G? The business guide to next-generation wireless technology*. URL: <https://www.zdnet.com/article/what-is-5g-the-business-guide-to-next-generation-wireless-technology/> (дата звернення: 10.01.2021).

Реалізація послуг та рішень на платформі 5G передбачає такі можливості¹.

«Гігабайт на секунду»: мережа 5G здатна значно підвищити швидкість передачі даних через різноманітні технології радіодоступу і за допомогою нових спектрів радіочастот 5G NR (New Radio). Користувач отримує практично необмежену смугу пропуску як для домашнього використання різноманітних сервісів, так і для завдань, що вирішуються на рівні підприємств.

«Розумний будинок»: широкий спектр різноманітних сервісів Інтернету речей буде доступним для рішень, призначених для управління будівлями і спорудами, наприклад: відеоспостереження, управління та автоматизація побутової техніки, керування системами безпеки, зберігання контенту, управління клімат-контролем тощо.

«Розумне місто»: горизонтальне та вертикальне масштабування функціоналу та спектру сервісів «Розумний будинок». Основними його сервісами є: безпечне місто, електронне врядування (e-Governance), електронна медицина (e-Health), електронна освіта (e-Education), електронний банкінг (e-Bank), електронний збір даних (показників) житлово-комунального господарства (Smart Meters), «розумні електромережі» (Smart Grid) та ін. Мережа 5G, на відміну від наявних, надасть можливість розгортати на декілька порядків більшу кількість сенсорів і датчиків, що забезпечуватимуть моніторинг об'єктів і мереж ЖКГ, транспортних мереж, освітлення, звуку, безпеки тощо. Технологія 5G матиме важливе значення також для розвитку міських систем відеоспостереження та температурного скринінгу, які на прикладі деяких країн (Південна Корея, Китай та ін.) довели свою ефективність за потреби виявлення хворих і контролю за поширенням захворюваності на COVID-19.

¹ ITU. Emerging Trends in 5G/IMT2020. Geneva Mission Briefing Series, 2016.

«Нові відеопослуги 4K/8K»: об'ємне відео, екрани надвисокої чіткості (UHD), можливість створення ефекту присутності та ін.

«Робота у хмарах»: сервіс дозволяє не тільки зберігати дані у хмарних сховищах та діставати їх звідти, а й використовувати прикладні програми, які працюють безпосередньо у хмарах, зокрема з можливостями використовувати їх з будь-якого місця і за допомогою різноманітних гаджетів. Також існує можливість використання інтерфейсів прикладного програмування (API), через які хмарні сервіс-провайдери зможуть надавати свої послуги абонентам операторів 5G.

«Доповнена і віртуальна реальність (AR/VR)»: сервіс віртуальної реальності VR, що активно використовується, у тому числі у смарт-промисловості, занурює людину в інший світ, впливає на її органи чуття. Сервіс доповненої реальності AR комбінує для користувача реальне середовище з віртуальними предметами. Ці сервіси придатні не лише для індустрії розваг та віртуального спілкування в режимі «присутності», але і здатні суттєво поліпшити процеси навчання персоналу підприємств за всім спектром спеціальностей.

«Промислова автоматизація»: мережа 5G з одночасним використанням датчиків й актуаторів ІІoТ і штучного інтелекту (AI) здатна суттєво підвищити ступінь смарт-автоматизації виробництва. При цьому стає можливим у режимі реального часу аналізувати великий обсяг різнорідних даних (великі дані – Big Data) та на основі отриманих висновків, за допомогою машинного та глибокого навчання, забезпечувати оперативний вибір оптимальних управлінських рішень.

Упровадження 5G у роботу промислових підприємств забезпечить можливість ширшого залучення промислових роботів в операціях, які нині виконують люди. Також це позитивно вплине на процеси логістики із застосуванням роботів і дронів, які вже сьогодні працюють на підприємствах

за допомогою мережі Wi-Fi. Технологія 5G забезпечить можливість покривати більшу відстань, ніж мережі Wi-Fi, а невеликий час затримки підвищить стабільність роботи таких систем¹.

«Бізнес-критичні додатки»: електронна медицина (e-Health), зв'язок у разі надзвичайних ситуацій (Mission Critical Communication), тактильний інтернет (Tactile Internet) та ін. Зокрема, нові медичні сервіси із застосуванням 5G забезпечать можливість віддаленого моніторингу стану пацієнтів. Завдяки низьким затримкам передачі даних 5G також відкриває нові можливості для віддаленого проведення операцій із використанням роботів. Такий сервіс є особливо актуальним для невеликих і віддалених населених пунктів, де відсутній місцевий хірург, а завдяки маніпулюванню роботом хірургічне втручання зможе здійснити фахівець, який перебуває на значній відстані. Низька затримка даних у 5G важлива для розгортання «розумних» мереж електропостачання. Використання датчиків допоможе миттєво виявляти пошкодження на лінії та блокувати поширення їхніх наслідків у мережі, що сприятиме зменшенню кількості постраждалих споживачів.

«Безпілотний транспорт» може стати частиною послуги «Розумне місто» або функціонувати на власній платформі. До нього належать безпілотні автомобілі, поїзди метро, приміські поїзди, інші види громадського та спеціального транспорту, дрони, сільськогосподарська техніка для «розумного» сільського господарства та ін. Також на платформі 5G можлива реалізація систем допомоги водію ADAS (Advanced Driver-Assistance System).

¹ Компанія Amazon на сьогодні вже розганяє проєкт із доставки товарів споживачам за допомогою дронів. Див.: Wilke J. A drone program taking flight. Amazon moves closer to its goal of a drone delivery solution that scales to meet the needs of customers. *The Amazon blog Dayone*. 05.06.2019. URL: <https://blog.aboutamazon.com/transportation/a-drone-program-taking-flight> (дата звернення: 10.01.2021).

Проблеми розвитку технологій 5G у глобалізованому світі та їх економічні наслідки

Розробка технологій і рішень для 5G у рамках стандарту ITM-2020 уперше задекларована у 2015 р. агентством ITU². Окрім ITU, питаннями стандартизації в галузі 5G займається ціла низка міжнародних організацій: 3GPP (3rd Generation Partnership Project), ETSI (European Telecommunication Standard Institute), IETF (Internet Engineering Task Force) та ін. Слід зауважити, що даний стандарт – це на багато більше, ніж просто наступний стандарт мобільного зв'язку.

Сьогоднішня боротьба за лідерство у ключовій сфері 5G між США та КНР усе більше розділяє світ на два табори. Представники першого, на чолі зі США, заявляють, що обладнання китайських виробників загрожує національній безпеці їх країн, оскільки може бути використане китайською владою для шпигунства та кібератак. Другі, незважаючи на звинувачення Вашингтону, продовжують співробітництво з китайськими компаніями Huawei та ZTE, які зуміли досягти найбільшого прогресу в розвитку нових цифрових технологій³.

Після оприлюднення 2012 р. у Конгресі США доповіді, згідно з якою компанії Huawei та ZTE несуть загрозу національній безпеці США, уряд країни вжив заходів

² ITU (International Telecommunication Union) агентство ООН (м. Женева) – міжнародна організація, яка здійснює розподіл глобального спектру радіочастот і супутникових орбіт, розробляє технічні стандарти, що забезпечують безперебійну взаємодію мереж і технологій. Агентство є організатором Всесвітньої конференції радіозв'язку (WRC), на якій обговорюються ключові питання розвитку цієї сфери діяльності. Див.: ITU (2020). *About International Telecommunication Union*. Retrieved. URL: <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx> (дата звернення: 03.01.2021).

³ Компанія Huawei, яка тривалий час працює у сфері розробки та розгортання 5G-платформ, сьогодні входить до трійки світових лідерів (разом з Ericsson і Nokia).

щодо блокування доступу китайських виробників до американського ринку. Із 2018 р. законом про бюджет Пентагону та іншим урядовим організаціям, а також компаніям-підрядникам за урядовими контрактами було заборонено використання обладнання і послуг Huawei та ZTE. Окрім того, Федеральна комісія зі зв'язку США (Federal Communications Commission) ввела правила, за якими мобільні оператори не зможуть використовувати державні субсидії для закупівлі обладнання і послуг у компаній, що несуть загрозу національній безпеці США¹.

За прикладом США, Австралія, Нова Зеландія, Японія і частина країн-членів ЄС не допустили Huawei та ZTE до проєктів із розбудови 5G-мереж на своїх територіях. Великобританія на підставі висновків своїх спецслужб про ризики використання обладнання Huawei для національної телекомунікаційної мережі виключила китайського виробника з переліку учасників тендерів на постачання обладнання для 5G-мереж, а також розпочала вилучення обладнання Huawei зі своїх опорних мереж 3G і 4G².

Однією з причин недовіри країн ЄС до концерну Huawei є закон про спецслужби КНР, згідно з яким влада може у примусовому порядку зобов'язати китайські підприємства всіх форм власності збирати інформацію про своїх клієнтів і передавати її уряду³. Водночас Huawei заперечує існування таких доручень від уряду КНР та наявність технічних можливостей для шпигу-

вання із застосуванням свого обладнання. Концерн заявляє, що дотримується національних правил і законодавства про захист інформації в усіх країнах, де використовується його обладнання.

Іншою вагомою причиною «прохолодного» ставлення технічно розвинутих країн ЄС до застосування обладнання Huawei при розбудові 5G-мереж є намагання зберегти свою технологічну автономію по відношенню як до США, так і до КНР, використовуючи напрацювання в цій царині провідних національних компаній, таких як Ericsson, Nokia та ін.

Натомість Іспанія вже застосовує обладнання Huawei для розбудови національної мережі 5G, а Німеччина виступає за застосування виключно технічних критеріїв (вимог) безпеки до постачальників телекомунікаційного обладнання для розгортання зв'язку 5G без урахування політичного курсу країни походження обладнання⁴. Про придбання обладнання Huawei для розгортання 5G-мереж вже заявили оператори Канади, Індії, Франції, Італії, Португалії, Польщі, Ірландії та інших країн.

Хоча на сьогодні США і здатні різноманітними методами (у тому числі санкційними) сповільнити темпи економічного зростання КНР, однак «підірвати» китайський економічний розвиток вони навряд чи зможуть. Відповідно, рано чи пізно настане момент, коли буде необхідно домовлятися⁵. Існує багато підстав вважати, що після «гарячої» фази торгово-інвестиційного і технологічного конфлікту сформується нова (можливо, біполярна) структура світу, й обидві економіки перейдуть до певної форми комплементарності – аналогіч-

¹ Трепалина Ю. (2018). *Huawei – заложниця боротьби США і Китаю за лідерство в 5G?* Nag.ru. URL: <https://nag.ru/articles/article/102937/huawei-zaloznitsa-borbyi-ssha-i-kitaya-za-liderstvo-v-5g-.html> (дата звернення: 05.01.2021).

² FT (2020). *UK draws up 3-year plan to remove Huawei from 5G networks.* URL: <https://www.ft.com/content/1c226144-a3a9-4533-ab14-88d65142ba05> (дата звернення: 06.01.2021).

³ Becker A. (2019). *Huawei and 5G – it's a minefield.* from <https://www.dw.com/en/huawei-and-5g-its-a-minefield/a-51300798> (дата звернення: 06.01.2021).

⁴ Шпросс Х., Грункель Е. (2019). *Глава Huawei о сети 5G в Европе, санкциях США и обвинениях в шпионаже.* URL: <https://www.dw.com/> (дата звернення: 05.01.2021).

⁵ GT (2020). *Will Biden reset China-US ties?* 27 Nov. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1208199.shtml> (дата звернення: 05.01.2021).

ної до тієї, що раніше була реалізована у взаємовідносинах США та Європи. Цьому сприятиме і той факт, що в обох країнах існують потужні групи впливу, які намагаються нормалізувати ситуацію, оскільки китайська економіка є джерелом надприбутків для американських компаній, і навпаки (Данилин, 2018).

У вересні 2020 р. у світі послуги зв'язку у стандарті 5G вже надавали 113 операторів на 52 ринках¹.

Технологія 5G сьогодні перебуває у нижній частині своєї S-подібної технологічної кривої (Foster, 1986), тобто на тому етапі, коли в технологію здійснюють значні фінансові вкладення як країни-лідери, так і корпоративний сектор, у розрахунку на отримання в майбутньому від її використання значного зростання продуктивності та надприбутків (Вишневський, Гаркушенко, Князев, 2020). Прогнози щодо майбутніх потенційних прибутків від провадження 5G-технологій в основному базуються на експертних оцінках і відповідно суттєво різняться. Мабуть, єдиним на сьогодні показником, який реально здатен продемонструвати фінансову віддачу від розвитку 5G-технологій, є надходження, отримані від продажу частот для 5G мобільним операторам у різних країнах світу. Такі продажі врегульовуються національним законодавством і не підпорядковуються єдиному алгоритму. Окремі країни укладають прямі контракти на придбання частот із мобільними операторами, але в більшості випадків продажі відбуваються на аукціонах із застосуванням тендерних процедур. Станом на кінець 2020 р. у багатьох країнах вже відбувся продаж частот для 5G, і отримані обсяги коштів суттєво різняться в різних країнах (табл. 2).

¹ Osio J., Keith E. (2020). *52 markets worldwide have commercial 5G services*. S&P Global. 23 Sep. URL: <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/research/52-markets-worldwide-have-commercial-5g-services> (дата звернення: 05.01.2021).

Таблиця 2 – Надходження від продажу частот для 5G у країнах світу, млрд євро

| Країна | Надходження |
|------------|-------------|
| Італія | 6,5 |
| Франція | 2,8 |
| Нідерланди | 1,23 |
| Німеччина | 2,1 |
| Чехія | 0,212 |
| Австрія | 0,202 |
| США | 7,6 |
| Тайвань | 4,0 |

Джерело: складено за даними TADVISER, Госу-дарство. Бизнес. ИТ. 27.11.2020. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Развитие_сетей_5G_в_мире# (дата звернення: 05.01.2021).

Унікальним у цьому плані є приклад Японії, яка у 2019 р. безкоштовно передала мобільним операторам частоти для 5G-зв'язку під зобов'язання останніх щодо інвестицій у розвиток 5G-мереж в обсязі 14,4 млрд дол. США до 2024 р.

Щодо України, то, незважаючи на прийняття на державному рівні нормативно правових актів, спрямованих на використання радіочастот, упровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління та нових базових стандартів LTE/LAA, eLTE-U і RMR², сьогодні вона перебуває серед аутсайдерів за впровадженням 5G унаслідок багатьох причин – починаючи від технічних (відсутність вагомих національних розробок у сфері 5G), інституціональних (в Україні одна з найменш розвинутих порівняно з країнами ЄС нормативно-правова база у сфері телекомунікації і використання частот) та закінчуючи економічними (в

² Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.11.2020 р. № 1409-р «Про затвердження плану заходів щодо впровадження в Україні системи рухомого (мобільного) зв'язку п'ятого покоління». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1409-2020-p#Text> (дата звернення: 06.01.2021).

Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.2020 р. № 41 «Про внесення змін до Плану використання радіочастотного ресурсу України». URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP200041.html (дата звернення: 06.01.2021).

Україні рівень витрат на інтернет у розрахунок на 1 людину на місяць є низьким, у той час як основні споживачі 5G – це бізнес-виробничі системи, які наразі на вітчизняному ринку не сформували попит на дані послуги).

Для України найбільш імовірним результатом щодо розвитку 5G є потрапляння до орбіти одного з лідерів (групи лідерів) цього процесу. Підтвердженням слідування цим шляхом є той факт, що Міністерство цифрової трансформації України і компанія Ericsson підписали меморандум про консультативну підтримку у сфері фіксованої та мобільної систем зв'язку нового покоління 4G (LTE-Advanced) і 5G¹, який передбачає проведення технічної експертизи у сфері розвитку мобільного і фіксованого інтернету, а також забезпечення консультативної та інформаційної підтримки міністерства в питаннях еволюції систем мобільного зв'язку, частотної стратегії, ліцензійної політики тощо.

З метою результативного впровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління держава має забезпечити виконання науково обґрунтованих розрахунків та експертних оцінок вартості радіочастотного ресурсу в діапазонах 700 МГц та 3400-3800 МГц для впровадження 5G-зв'язку, удосконалення нормативно-правової бази з ліцензування використання радіочастотного ресурсу України, проведення відкритих (неупереджених) тендерів та видачу ліцензій на використання національного радіочастотного ресурсу з використанням мобільного зв'язку п'ятого покоління.

Доцільно також переглянути завдання органів влади в рамках реалізації плану заходів з упровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління, оскільки наразі Мініс-

терство цифрової трансформації України обмежується у визначенні своїх основних завдань забезпеченням 95% українців доступом до високошвидкісного мобільного інтернету за наступні 3 роки. Реалізація такого плану має на меті лише можливість для користувачів отримувати більш стабільні та високі швидкості при перегляді відео і прослуховуванні музики. Початок розгортання мережі 5G передбачається з 2022 р. у найбільших населених пунктах. У сільській місцевості, на відділених територіях і вздовж автомобільних шляхів передбачається використання 4G. При цьому питання стимулювання автоматизації виробничих технологічних процесів розглядаються як другорядні.

Така позиція свідчить про недостатнє врахування владою того факту, що основними споживачами 5G у світі виступають бізнес-виробничі системи, які на сьогодні в Україні не сформували попит на ці послуги і не мають стимулів з боку держави для його формування в перспективі. Відсутність такого попиту після розгортання мереж п'ятого покоління може призвести до суттєвого дорожчання послуг зв'язку для пересічних споживачів, зниження прибутків мобільних операторів, податкових втрат тощо.

Також плани уряду щодо впровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління обов'язково мають включати здійснення досліджень і оцінок негативного впливу розгортання 5G-інфраструктури на здоров'я людини та локальні навколишні природні екосистеми, оскільки саме на цій підставі в багатьох великих містах ЄС місцеві органи влади, громади та екологічні активісти блокують розвиток мереж 5G.

Крім того, для уникнення в майбутньому ролі сировинного придатку технологічно розвинутих країн Україна повинна сконцентруватися на формуванні сприятливого національного інституційного середовища, що забезпечуватиме підтримку та стимулювання розвитку новітніх тех-

¹ Укрінформ. Запуск 5G в Україні: Міністри та Ericsson підписали меморандум. 25 Маю. 2020. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2884008-zapusk-5g-v-ukraini-min-cifri-ta-ericsson-pidpisali-memorandum.html> (дата звернення: 06.01.2021).

нологій цифрового зв'язку, які визначатимуть продуктивність й ефективність функціонування нових кіберфізичних систем і матимуть визначальний вплив на позитивні зміни українського суспільства та економіки.

Висновки

1. Мобільний зв'язок п'ятого покоління (5G) є новим поколінням зв'язку, що працює на міліметрових хвилях і характеризується особливостями та значними перевагами порівняно зі своїм попередником, при цьому забезпечуючи: вищу швидкість передачі даних, низьку затримку сигналу, можливість підключення великої кількості користувачів, багатократно збільшену пропускну здатність, високу мобільність користувачів.

На відміну від попередніх поколінь зв'язку, які розвивалися завдяки розгортанню фізичної інфраструктури, 5G притаманна масштабна віртуалізація, що виходить за рамки виключно апаратних рішень, а більшість його функціоналу реалізується програмним способом. Саме тому його часто називають не мережею, а системою або платформою.

2. Застосування функціоналу платформи 5G уможливило реалізацію значного обсягу послуг і рішень у рамках цифрової економіки та четвертої промислової революції. Зокрема: надшвидкісна передача даних через різноманітні технології радіодоступу, різноманітний спектр сервісів Інтернету речей «Розумний будинок» та «Розумне місто», збереження великих масивів даних у хмарних сховищах і робота з ними, об'ємне відео надвисокої чіткості з ефектом присутності, сервіси віртуальної реальності, смарт-автоматизація та роботизація виробництва, безпілотний транспорт, електронна медицина та ін.

3. У тому радіочастотному діапазоні, у якому працює 5G, краща передача сигналу відбувається між пристроями, розташованими в зоні прямої видимості на відстані до 250 м, в іншому разі – якість сигналу

різко знижується. Ця особливість потребує суттєвих вкладень у розбудову інфраструктури (значне збільшення кількості різноманітних передавачів), актуалізує значні виклики (багаторазове збільшення споживання сировини та ресурсів, формування електронних відходів і збільшення техногенного навантаження, вплив на здоров'я людини і локальні екосистеми тощо), однак не вирішує питань безпеки, збереження та конфіденційності передачі даних.

4. Сьогодні 5G-технології, будучи новими, згідно з концепцією життєвого циклу технологій перебувають у нижчій частині S-подібної кривої свого розвитку. Відповідно, цей період становлення і розвитку технологій характеризується значними обсягами фінансових вкладень. Інвестиції в розробки та розвиток технології у світі здійснюються як корпоративним, так і державним секторами економіки. Перший має на меті отримання в майбутньому від використання даних технологій значного зростання продуктивності виробництва та надприбутків, другий – лідируючих позицій у нових геоекономічному і геополітичному просторах, що сформується внаслідок цифрових трансформацій світової економіки та суспільства.

Країна-переможець гонки за лідерство в розбудові мереж і загальному прийнятті стандартів мобільного зв'язку п'ятого покоління зможе застосувати свій успішний досвід для розгортання нового покоління зв'язку в інших державах, що відкриває можливості для посилення технологічного, економічного та геополітичного впливу.

5. Щодо України, то, незважаючи на прийняття на державному рівні нормативно правових актів, спрямованих на використання радіочастот й упровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління, вона наразі перебуває серед аутсайдерів за впровадженням 5G унаслідок причин технічного, інституційного та економічного характеру. З метою результативного впро-

вадження мобільного зв'язку п'ятого покоління держава має забезпечити здійснення науково обґрунтованих розрахунків та експертних оцінок вартості радіочастотного ресурсу для впровадження 5G-зв'язку, удосконалення нормативно-правової бази з ліцензування використання національного радіочастотного ресурсу, проведення відкритих тендерів та видачі ліцензій на його використання. А найголовніше – це забезпечити формування державної політики, націленої на сприяння розвитку 5G в Україні та формування попиту на його продукти і рішення з боку бізнес-виробничих систем. Реалізація такої політики має супроводжуватися науковими розробками щодо оцінки негативного впливу розгортання 5G-інфраструктури на здоров'я людини та локальні навколишні природні екосистеми, які є перспективним напрямом подальших досліджень.

Література

- Вишневський В. П., Гаркушенко О. М., Князев С. І. (2020). Технологічні розриви: концепція, моделі, шляхи подолання. *Наука та інновації*. № 2 (92). С. 3-19. DOI: <https://doi.org/10.15407/scin16.02.003>
- Вишневський О. С. (2020). Вплив цифровізації на промисловість: проблеми визначення в країнах ЄС. *Економіка промисловості*. № 1 (89). С. 31-44. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.031>.
- Данилин І. (2018). Политический и социальный вызов развития цифровой экономики: опыт КНР. *Южно-российский журнал социальных наук*. Т. 19, № 4, С. 25-39. DOI: <https://doi.org/10.31429/26190567-19-4-25-39>
- Збаразька Л. О. (2019). Напрями стратегії розвитку «смарт» промисловості в українських реаліях. *Економіка промисловості*. № 2 (86). С. 5-29. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.02.05>
- Механик А. (2020). Это сладкое слово – 5G. *Эксперт*. № 35 (1173). С. 54-58.
- Толубко В. Б. (2016). Влияние внедрения технологий 4G и 5G на экономический рост государства. *Зв'язок*. № 6. С. 3-6.
- Хуторецкий В. (2019). Ускорение 5G. *Наука и жизнь*. № 2. С. 76-79.
- Abdelwahab S., Hamdaoui B., Guizani M., Znati T. (2016). Network function virtualization in 5G. *IEEE Communications Magazine*. Vol. 54. № 4. P. 84-91. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7452271>
- Foster R. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books, 316 p.
- Shafi M., Molisch A.F., Smith P.J., Haustein T., Zhu P, De Silva P., Tufvesson F. (2017). 5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice, *IEEE. Journal on Selected Areas in Communications*. Vol. 35. № 6. P. 1201-1221. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2692307>

References

- Vishnevsky, V. P., Harkushenko, O. M., & Knjazev, S. I. (2020). Technology Gaps: the Concept, Models, and Ways of Overcoming. *Sci. innov.*, 2020, 16(2), pp. 3-17. DOI: <https://doi.org/10.15407/scin16.02.003> [in Ukraine].
- Vyshnevskiy, O. S. (2020). Impact of digitalization on industry: problems of definition in EU countries. *Econ. promisl.*, 1 (89), pp. 31-44. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.031> [in Ukraine].
- Danilin, I. V. (2018). Political and social challenges of digital economics development: case of China. *South-Russian Journal of Social Sciences*, 19(4), pp. 25-39. DOI: <https://doi.org/10.31429/26190567-19-4-25-39> [in Russian].
- Zbarazska, L. O. (2019). Directions of «smart» industry development strategy in Ukrainian realities. *Econ. promisl.*, 2 (86), pp. 5-29.

- DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry.2019.02.05> [in Ukraine].
- Mehanik, A. (2020). It's a sweet word – 5G. *Ekspert*, 35 (1173), pp. 54-58 [in Russian].
- Tolubko, V.B. (2016). The effect of inculcation 4G and 5G technologies relating to economic increasing of states. *Connectivity*, 6, pp. 3-6 [in Russian].
- Hutoretskiy, V. (2019). Acceleration 5G. *Nauka i zhizn*, 2, pp. 76-79 [in Russian].
- Abdelwahab, S., Hamdaoui, B., Guizani, M., & Znati, T. (2016). Network function virtualization in 5G. *IEEE Communications Magazine*, 54(4), pp. 84-91. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7452271>
- Foster, R. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books.
- Shafi, M., Molisch, A. F., Smith, P. J., Haustein, T., Zhu, P., De Silva, P., & Tufvesson, F. (2017). 5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 35(6), pp. 1201-1221. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2017.2692307>

Святослав Игоревич Князев,

д-р экон. наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь

Отделение экономики Национальной академии наук Украины

ул. Владимирская, 54, г. Киев, 01030, Украина

E-mail: ksi@nas.gov.ua

<https://orcid.org/0000-0002-5308-4960>

МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ И ЕЁ МЕСТО В ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Становление цифровой экономики в мире происходит благодаря развитию новых прорывных технологий, разворачивающихся в процессе четвёртой промышленной революции. Базовой из них стала мобильная связь пятого поколения (5G), обеспечивающая возможность реализации большого объёма новых информационно-коммуникационных и аппаратных решений и продуктов для экономики и общества. Государства, завоевавшие лидерство в развёртывании 5G-инфраструктуры и принятии общих стандартов мобильной связи пятого поколения, смогут применять свой успешный опыт для внедрения 5G в других странах, что открывает широкие возможности для усиления технологического, экономического и геополитического влияния.

Статья посвящена анализу тенденций становления и развития технологий мобильной связи пятого поколения в мире и его влияния на процессы цифровизации экономики, а также определению перспективных практик для имплементации в условиях Украины.

Установлено, что для 5G, в отличие от предыдущих поколений связи, характерна масштабная виртуализация, выходящая за рамки исключительно аппаратных и инфраструктурных решений, а большая часть её функционала реализуется программным способом. Именно поэтому её также часто называют не сетью, а системой или платформой, представляющей возможность осуществления значительного объёма услуг и решений, таких как: сверхскоростная передача данных, разнообразный спектр сервисов Интернета вещей, хранение больших массивов данных в облачных хранилищах, сервисы виртуальной реальности, смарт-автоматизация и роботизация производства, беспилотный транспорт и др. Однако 5G имеет и ряд недостатков (вследствие использования коротких быстро затухающих радиоволн), актуализирующих вызовы, связанные с ростом потребления сырья и энергоресурсов, повышением техногенной нагрузки, недостаточно изученным влиянием на здоровье человека, негативным влиянием на локальные экосистемы и др.

Определено, что 5G-технологии, будучи новыми, согласно концепции жизненного цикла технологий находятся в нижней части S-образной технологической кривой. Этот этап развития технологий характеризуется значительными объёмами финансовых вложений и небольшой экономической отдачей, связанной преимущественно с продажей радиочастотного ресурса.

Предложены мероприятия, направленные на предотвращение превращения Украины в сырьевой придаток технологически развитых стран, а также формирование благоприятной национальной институциональной среды и обеспечение поддержки и стимулирования развития новых технологий цифровой связи.

Ключевые слова: мобильная связь пятого поколения, 5G-технологии, спектр радиочастот, цифровая экономика, бизнес-производственные системы, локальные экосистемы, смарт-автоматизация производства.

JEL: O 10; O 33

Sviatoslav I. Kniaziev,

Doctor in Economics, Scientific Secretary

Department of Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine

54 Vladimirska Street, Kyiv, 03057, Ukraine

E-mail: ksi@nas.gov.ua

<https://orcid.org/0000-0002-5308-4960>

MOBILE COMMUNICATION OF THE FIFTH GENERATION AND ITS PLACE IN THE TRANSFORMATION PROCESSES OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

The formation of the digital economy in the world is due to the development of a number of new breakthrough technologies that are unfolding in the process of the Fourth Industrial Revolution. The basic of them is the fifth generation of mobile communication (5G), which provides the opportunity to implement a large number of new information and communication technologies, as well as hardware solutions and products for the economy and society. Countries that take the leadership in building 5G infrastructure and adopting fifth-generation mobile standards will be able to apply their successful expertise to deploy a new generation of communications in other countries, opening up ample opportunities to enhance technological, economic and geopolitical impact on them.

The paper is devoted to the analysis of trends in the formation and development of mobile technologies of the fifth generation in the world and its impact on the processes of digitalization of the economy, as well as the identification of promising practices for their implementation in Ukraine.

In the course of the analysis, it is defined that 5G, unlike the previous generations of communication, is peculiar to large-scale virtualization, which goes beyond exclusively hardware and infrastructural decisions, and the majority of its functionality is realized by a software way. That is why it is often called not a network, but a system or platform that enables the implementation of a significant number of services and solutions, in particular: high-speed data transmission, a wide range of Internet of Things services, storing large data sets in cloud storage, virtual reality services, smart automation and robotics of production, unmanned vehicles, etc. But 5G is also characterized by a number of shortcomings (due to the use of short radio waves with rapid attenuation) that actualize the challenges, associated with increasing consumption of raw materials and energy,

increased anthropogenic burden, lack of study of this technology's potential negative impact on human health and local ecosystems etc.

It is defined, that 5G-technologies, being a new event, according to the concept of technology life cycle are in the lower part of the S-shaped technological curve. This stage of technology development is characterized by significant financial investments and small economic returns, associated primarily with sales of radio frequency resources.

Measures are proposed to avoid in the future for Ukraine the role of a raw material appendage of technologically developed countries, in terms of creating a favorable national institutional environment and ensuring support and encouragement of the development of new digital communication technologies.

Keywords: fifth generation mobile communication, 5G technologies, radio frequency spectrum, digital economy, business production systems, local ecosystems, smart automation of production.

JEL: O 10; O 33

Формат цитування:

Князев С. І. (2021). Мобільний зв'язок п'ятого покоління та його місце у трансформаційних процесах цифровізації економіки. *Економіка промисловості*. № 1 (93). С. 46-59. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2021.01.046>

Kniaziev, S. I. (2021). Mobile communication of the fifth generation and its place in the transformation processes of digitalization of the economy. *Econ. promisl.*, 1 (93), pp. 46-59. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2021.01.046>

Надійшла до редакції 14.01.2021 р.