

Т. Г. Васильців,
д. е. н., професор,
завідувач відділу проблем соціально-гуманітарного розвитку регіонів,
ДУ "Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України"
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2889-6924>

DOI: 10.32702/2306-6814.2024.14.13

АНАЛІЗ БЕЗПЕКОВОГО ПОКРИТТЯ МЕРЕЖАМИ 4G ТА 5G ПІДПРИЄМСТВАМИ- ПОСТАЧАЛЬНИКАМИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ

T. Vasylyciv,
Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Problems of Social
and Humanitarian Development of Regions, Dolishniy Institute of Regional Research of the NAS of Ukraine

ANALYSIS OF THE SECURITY COVERAGE OF 4G AND 5G NETWORKS BY ENTERPRISES-
PROVIDERS OF ELECTRONIC COMMUNICATIONS

У статті розглянуто питання покриття вітчизняними підприємствами, що постачають електронні комунікаційні мережі та послуги, мережами нових поколінь 4G та 5G. Відзначено масштабне розгортання мереж за технологією п'ятого покоління у світі та їх затребуваність на ринку послуг зв'язку в Україні через зростання потреб у послугах електронних комунікацій, збільшення навантаження на мережі через відключення електричного постачання, а також євроінтеграції. Проаналізовано генезу розвитку технологій мобільного зв'язку від 1G до 5G, відзначено тенденцію появи нового покоління стандартів зв'язку кожні 10 років, передбачено появу нового стандарту зв'язку за 6–7 років. Доведено важливість стимулювання постачальників послуг електронних комунікацій до покриття мережею 5G для сумісності та відповідної якості надання послуг з ЄС, зважаючи на ЗУ "Про внесення змін до деяких законів України щодо імплементації норм Європейського Союзу з питань роумінгу". Проаналізовано індикатори розвитку інформаційно-комунікаційних технологій за 2024 рік (звіт The ICT Development Index (IDI) 2023), відзначено, що серед 165 економік країн світу IDI України становить 81,0 бал, а серед країн Європи індекс знаходиться у діапазоні доходів від сфери нижче середнього. Проаналізовано (за даними компанії nPerf, що тестує мережі впродовж 10 років) мапи покриття мережами 3G, 4G, 5G в Україні, отримано невідповідність між заявленими показниками індексу IDI та реальної мапи покриття мережами. Зацентровано увагу на потребі розгортання мережі 5G задля забезпечення роботи передових технологій (робототехніка, штучний інтелект, розумні пристрої, квантові обчислення, блокчейн), а також важливості покриття мережею, зважаючи на безпекову ситуацію в країні та перебоями у постачанні електроенергії, й надання якісної послуги зв'язку у роумінгу. Наголошено на спростуванні припущення регулятором доцільності переходу на нові мережі зв'язку із появою технології 6G, уникаючи розбудови мережі 5G, оскільки відбудеться суттєве відставання у показниках розвитку сфери електронних комунікацій та використання передових технологічних рішень.

The article considers the issue of coverage by domestic enterprises that supply electronic communication networks and services with networks of new generations of 4G and 5G. The large-scale deployment of networks based on the fifth generation technology in the world and their demand in the market of communication services in Ukraine due to the growing needs for electronic communications services, the increase in the load on the networks due to the disconnection of the electricity supply, as well as European integration, were noted. The genesis of the development of mobile communication technologies from 1G to 5G was analyzed, the trend of the emergence of a new generation of communication standards every 10 years was noted, and the emergence of a new communication standard in 6–7 years was predicted. The importance of encouraging providers of electronic communications services to cover the 5G network for compatibility and the appropriate quality of service provision with the EU has been proven, taking into account the Law "On Amendments to Some Laws of Ukraine Regarding the Implementation of European Union Rules on Roaming". The indicators of the development of information and communication technologies for the year 2024 were analyzed (The ICT Development Index (IDI) 2023 report), it was noted that among 165 economies of the world, the IDI of Ukraine is 81.0 points, and among European countries, the index is in the range of income from the sphere below average 3G, 4G, 5G network coverage maps in Ukraine were analyzed (according to the nPerf company, which has been testing networks for 10 years), and a discrepancy between the declared indicators of the IDI index and the real network coverage map was obtained. Attention is focused on the need to deploy the 5G network to ensure the operation of advanced technologies (robotics, artificial intelligence, smart devices, quantum computing, blockchain), as well as the importance of network coverage, taking into account the security situation in the country and interruptions in the supply of electricity, and the provision of quality service roaming connection. It is emphasized the refutation of the regulator's assumption of the expediency of transitioning to new communication networks with the advent of 6G technology, avoiding the development of the 5G network, as there will be a significant lag in the indicators of the development of the field of electronic communications and the use of advanced technological solutions.

Ключові слова: підприємства-постачальники електронних комунікаційних послуг, мережі 5G, безпека підприємств, енергоефективність, підприємства зв'язку, послуги зв'язку.

Keywords: enterprises-providers of electronic communication services, 5G networks, enterprise security, energy efficiency, communication enterprises, communication services.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У зв'язку з прогресуючим зростанням кількості підключених пристроїв та гострою потребою у якісних та високопродуктивних послугах електронних комунікацій для їх обслуговування, розбудовою "розумної" бездротової мережі, що включає в себе поєднання великої кількості пристроїв, а також масштабність навантаження, яку нині відчувають користувачі послуг електронних комунікацій під час вимкнення електропостачання, актуалізується розв'язання питання щодо забезпечення населення стабільним, адаптованим до потреб високої продуктивності й надійності зв'язку, стійкості мережі, а також перегляду побудови традиційної мережевої архітектури з урахуванням технологічних змін. Одним із напрямів вирішення проблеми є пришвидшення розгортання мереж нового покоління, які прийдуть на зміну традиційним, що спонукало до проведення аналізу стану покриття мережами 4 та 5G підприємствами-постачальниками електронних комунікацій на теренах нашої країни.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Формулювання цілей статті (постановка завдання) проаналізувати покриття мережами нових поколінь 4G та 5G вітчизняними підприємствами-постачальниками електронних комунікаційних мереж та послуг.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останні дослідження проблематики покриття мережами останніх поколінь 5G та 6G відзначаються у працях науковців: Одарченка Р. С., Дикої Т. В., Жарової О. В., Одарченка М. С., Жоги В. М., Слободяна О. П., Антоненка А. В., Поплавського Д. В., Голубенка О. І., Кондратюка Б. О., Васильківського М. В., Коломієць А. А.

Сучасні технологічні розробки, динамічний розвиток інфокомунікацій, стрімке поширення у світі мереж нового покоління ініціює дослідження покриття мережами вітчизняними підприємствами-постачальниками електронних комунікацій. На думку вчених Одарченка Р. С., Дикої Т. В., Жарової О. В., Одарченка М. С., Жоги В. М., Слободяна О. П., впровадження технології мобільного зв'язку 5G вже демонструє значний вплив на підвищення продуктивності та очікується, що стане

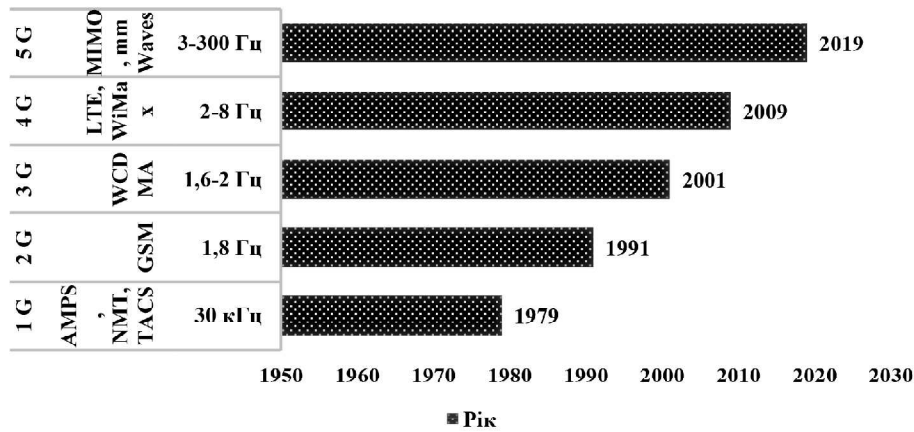


Рис. 1. Динаміка розвитку технологій мобільного зв'язку

Джерело: [16].

ключовим чинником для розвитку високоінтегрованих та автономних застосувань у багатьох секторах. Крім того, дана технологія сприятиме прискоренню цифровізації економіки, суспільства, держави [10]. Однак, існує потреба у подальшому аналізі перспектив розбудови мереж нового покоління, оскільки дані питання залишаються досі не вирішеними й актуальними для вітчизняних підприємств-постачальників електронних комунікаційних мереж та послуг.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Повномасштабне світове розгортання комерційних мереж технологій п'ятого покоління засвідчує їх потребуваність через високий рівень якості надання послуг електронних комунікацій.

До проблеми безпеки та захисту в умовах сьогодення звертаються у своїх дослідженнях науковці: Антоненко А. В., Поплавський Д. В., Голубенко О. І., Кондратюк Б. О., зазначаючи, що використання безпілотних літальних апаратів в мережах шостого покоління сприятиме швидкому доступу до глобальної мережі та зв'язку у разі надзвичайних ситуацій, коли інфраструктура може бути частково або повністю зруйнована. Технології надають можливість додаткової пропускну здатності та покращують якість зв'язку, зменшуючи навантаження на існуючу інфраструктуру [11].

Динамічність середовища функціонування підприємств, кризові явища, які викликані економічними, політичними, геополітичними проблемами актуалізують питання безпеки та забезпечення захисту суб'єктів господарювання від зовнішніх та внутрішніх впливів. Сфера електронних комунікацій відкриває нові можливості у вирішенні безпекових питань, зокрема забезпечення зв'язком військових об'єктів та населення.

У зв'язку із воєнним станом та активними бойовими діями на території України, безпека та її забезпечення торкаються в цілому суспільства, особливого захисту потребують підприємства, що відносяться до критично важливих, постачають населенню суспільно необхідну продукцію та послуги. Серед переліку підприємств, до яких застосовується вимога працювати безперебійно та стабільно (ст. 9, п. 4 ЗУ "Про критичну інфраструктуру" [2]) знаходяться підприємства — постачальники електронних комунікаційних мереж та

послуг. Зважаючи на ситуацію, що нині склалася з енергопостачанням, питання надання послуг електронних комунікацій, які напряду залежать від енергоживлення, потребує вирішення. Навантаження на мережі зростає у вечірні години відключень електропостачання, відповідно спроможність надання послуг стрімко спадає і складає вдвічі меншу здатність, ніж передбачається наявними у постачальників технологіями безперебійної роботи.

Україна почала активно розвивати сектор інформаційно-комунікаційних технологій ще до початку війни, вбачаючи у електронних комунікаціях потенційну спроможність до підвищення продуктивності роботи суб'єктів господарювання (миттєвий доступ до інформації, швидка комунікація всередині компанії та із контрагентами, зниження операційних витрат), зростання економіки (інтегрування на світові електронні платформи), забезпечення стійкості до невизначених умов, що надважливо для функціонування підприємств в умовах війни та у повоєнний період.

Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР, від англ. Reviews of Risk Management Policies) ще у 2014 році визначено, що розвиток інформаційно-комунікаційного сектору та діджиталізація сприяє прозорості, електронне урядування дозволяє відстежувати дієвість політичних сил.

Розбудова сфери електронних комунікацій передбачає покращення якості надання послуг, підключення нових базових станцій, реконструкцію наявних з метою збільшення пропускну спроможності, й, відповідно, зниження навантаження на мережу. Відчувається потреба розширення використання постачальниками електронних мереж та комунікацій нових технологій, зокрема PON-технологій, які користуються попитом в умовах стабілізаційних відключень електропостачання та, якими мають забезпечуватися критично важливі об'єкти. Крім того, важливим є питання розбудови мережі електронних комунікацій за технологіями останнього покоління, зважаючи на динаміку їх розвитку (рис. 1) та технологічно нових рішення, які потребують стандарту зв'язку 5G.

Аналізуючи генезу розвитку технологій мобільного зв'язку від 1G до 5G відслідковуємо тенденцію появи нового покоління кожні 10 років, зважаючи на це, наступна технологія може з'явитися вже за 6—7 років.

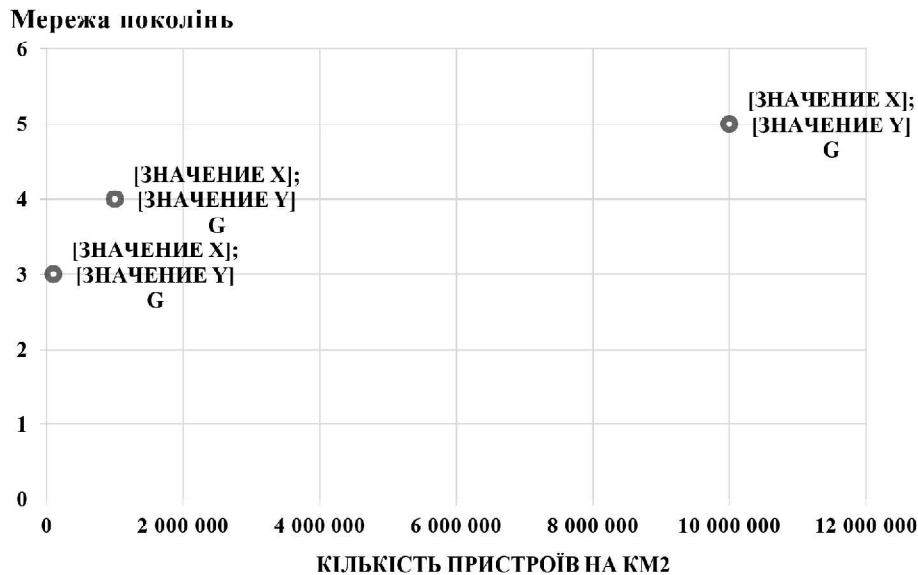


Рис. 2. Щільність підключення мобільних широкосмугових технологій 4G, 5G і 6G

Джерело: [8].

Тестування наступного покоління зв'язку розпочалося ще у грудні 2020 року із запуском Китаєм супутника для проведення досліджень щодо дієздатності мережі 6G. Стандарт дозволить передавати дані на високих швидкостях — Тбіт/с із затримкою нижче 1 мс. Однак, чекати погодження стандарту та імплементувати технології шостого покоління, уникаючи п'ятого, не слід, оскільки європейські країни активно розбудовують спільну мережу, що використовує технології 5G, спільний роумінг, окрім того, країни Європи ініціювали WiFi4EU, за фінансування якого встановлено безкоштовні точки доступу WiFi громад. У межах рамкової програми "Цифрове десятиріччя" ЄС прагне досягти покриття гігабітною мережею домогосподарств, а максимально повне покриття мережами (не нижче 5G) забезпечити по всіх населених пунктах до 2030 року. Оскільки у травні був підписаний ЗУ "Про внесення змін до деяких законів України щодо імплементації норм Європейського Союзу з питань роумінгу" й створена спільна роумінгова зона, якою забезпечується надання послуг електронних комунікацій користувачам за кордоном, а також гармонізуються стандарти і норми в сфері електронних комунікацій, регуляторна політика. Формуючи підґрунтя для спільного цифрового ринку, одночасно Україна має стимулювати постачальників послуг електронних комунікацій до покриття мережею 5G для сумісності та відповідної якості надання послуг у ЄС.

Суттєвою перевагою технології 5G є можливість підключення пристроїв до 10 млн одиниць. Щільність підключення мобільних широкосмугових технологій 4G, 5G і 6G наведено на рис. 2.

Важливим для сфери зв'язку є проєкт EU4DigitalUA, що діджиталізує та гармонізує український цифровий ринок з ЄС та полягає у: інтероперабельності (від англ. "interoperability" (здатність до взаємодії)), що означає здатність до взаємодії обчислювальних систем з довільних неоднорідних, розподілених компонентів на базі уніфікованих інтерфейсів або протоколів [8]); цифровій інфраструктурі уряду; інституційному забезпеченні та

розвитку потенціалу; комунікації та обізнаності громадянськості; розвитку електронних послуг; кібербезпеці та захисті даних [7].

Аналіз даних індикаторів розвитку інформаційно-комунікаційних технологій дозволить чітко визначити рівень покриття мережами поколінь 3G, 4G, 5G, а також порівняти їх із світовими та європейськими показниками, індикатори розвитку інформаційно-комунікаційних технологій дозволять порівняти заявлені у звіті показники охоплення мережею 3G та 4G (табл. 1) із реальною картою покриття.

Слабкими сторонами у розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в Україні, у порівнянні із світовими показниками, вважаються кількість користувачів мобільного широкосмугового зв'язку на 100 осіб — 80,1, особи, що мають мобільний телефон — 83,4 %. Відслідковується проблема у доступності користування мобільним широкосмуговим зв'язком, що пояснюється збільшенням вартості плати за пакет послуг, а також відсутністю навичок користування інтернетом серед вікового населення.

Середнє значення вартості кошику з високими споживчими цінами на мобільні дані та голосовий зв'язок у країнах Європи складає 0,7, в Україні — 1,5, середня вартість кошику фіксованого широкосмугового інтернету в країнах Європи — 1,2, а в Україні — 1,9, що засвідчує високу вартість послуг електронних комунікацій по відношенню до валового національного доходу в Україні. Кращий результат за індикатором ціна вартості кошику широкосмугового Інтернету (у % на душу населення) складає 90,7 у порівнянні 94,4 за країнами Європи.

За звітом IDI — 2024 (The ICT Development Index) серед 165 економік країн світу індекс для України становить 81,0 бал, зростання у порівнянні із попереднім роком незначене — 0,2. Середнє значення для країн становить 74,8 балів, Україна знаходиться у рейтингу серед 49 економік (бал від 80 до 90), проте серед країн Європи індекс знаходиться у діапазоні доходу нижче середнього.

**Таблиця 1. Індикатори розвитку ІКТ за 2024 рік
(світ, Європа, Україна)**

	Індикатори	Світ	Європа	Україна
	Значення індикаторів			
Значення індикаторів	Користувачі Інтернет	69,3	88,8	79,2
	Домогосподарства, що використовують інтернет	70,1	90,7	82,7
	Кількість користувачів мобільного широкосмугового зв'язку на 100 осіб	84,3	111,6	80,1
	Відсоток населення, що охоплений покриттям мобільною мережею 3G	90,5	99,3	91,0
	Відсоток населення, що охоплений мобільною мережею 4G/LTE	81,1	98,9	91,0
	Мобільний широкосмуговий Інтернет-трафік щодо плати за мобільний широкосмуговий доступ до інтернет (ГБ)	104,5	145,5	не визначено
	Фіксований широкосмуговий інтернет-трафік щодо фіксованої широкосмугової підписки (ГБ)	2538,9	3500,3	не визначено
	Вартість кошику з високими споживчими цінами на мобільні дані та голосовий зв'язок (у відсотках від ВНД на душу населення)	6,1	0,7	1,5
	Вартість кошику фіксованого широкосмугового інтернету (у відсотках від ВНД на душу населення)	22,2	1,2	1,9
	Ціни кошику широкосмугового Інтернету (у % на душу населення)	79,7	94,4	90,7
Нормалізований показник прогресу	Особи, що мають мобільний телефон (%)	74,8	93	83,4
	Особи, що використовують інтернет (%)	75,5	94,9	87,0
	Кількість користувачів (підключень) мобільного широкосмугового доступу на 100 осіб	57,2	72,6	53,4
	Покриття мережею 3G та 4G/LTE на 100 осіб	88,5	99,1	91,0
	Мобільний широкосмуговий Інтернет-трафік щодо плати за мобільний широкосмуговий доступ до інтернет (ГБ)	66,2	77,1	не визначено
	Фіксований широкосмуговий інтернет-трафік щодо фіксованої широкосмугової підписки (ГБ)	78,6	87,7	не визначено
	Вартість кошику з високими споживчими цінами на мобільні дані та голосовий зв'язок (у відсотках від ВНД на душу населення)	81,7	99,5	97,7
	Фіксована ціна кошику широкосмугового Інтернету (у % від ВНД на душу населення)	78,8	99	97,3
	Особи, які мають мобільний телефон (%)	84,7	97,9	95,5

Джерело: складено за даними [3].

Серед недоліків у роботі постачальників електронних комунікаційних мереж та послуг можна вважати охоплення покриттям мобільною мережею 3G — 91% населення (середній відсоток за країнами Європи — 99,3%), відсоток населення, що охоплений мобільною мережею 4G/LTE — 91% (середнє значення за країнами Європи — 98,9%).

Незважаючи на те, що зв'язок 4G почав впроваджуватися, починаючи із 2000-го року, на сьогодні охоплення мережею не можна назвати задовільним. За даними французької компанії nPerf, що тестує та аналізує мережі більш, як 10 років, використовуючи всесвітню спеціалізовану мережу серверів адаптовану для відображення та доставки достатнього бітрейту (бітова швидкість (від англ. bit rate) — кількість бітів, які передають або обробляють за одиницю часу) [15], що дозволяє точно оцінювати показники Інтернет-з'єднання, мапа покриття стільниковими мережами 5G в Україні вказує на суттєве відставання за поширенням технології у порівнянні із країнами Європи, що, ймовірно, призвело до того, що було запропоновано розгортання мереж одразу за технологією 6G.

Національним інститутом стратегічних досліджень відзначено важливість технологій на базі 5G, які стрімко розвиваються та активно впроваджуються, надаючи принципово нові можливості у сфері електронних ко-

мунікацій та інфраструктури, порівняно з попередніми технологіями, оскільки ними забезпечуються передові технології (cutting-edge technologies), сприяючи розвитку будь-якої країни.

До основних передових технологій відносять:

- робототехніка (розробка роботів, які використовують штучний інтелект у формі нейронних мереж, а також намагаються відтворити людське пізнання);

- штучний інтелект (нині використовується для створення мультимодальних чат-ботів, що поєднують тест, голосовий контент, відео та зображення);

- розумні пристрої IoT (надають можливість взаємодіяти із локальним середовищем — розумними будинками, офісами, приміщеннями за допомогою власних пристроїв);

- квантові обчислення (перспективний напрям розвитку для створення комп'ютерів, які використовують квантову механіку для вирішення питань, що недосяжні для традиційних комп'ютерів);

- блокчейн (технологія, яка використовується як основа для децентралізованих програм, криптовалют, біткоїнів).

Крім того, зважаючи на безпекову ситуацію в країні, проблеми з енергопостачанням та потребою заощадження, технологія 5G на чверть забезпечить економію витрат електроенергії у порівнянні із попереднім поко-

Таблиця 2. Ключові характеристики розгортання мереж 5G у Європі та світі

Характеристика	Значення
Європа	
Продуктивність і доступність (покриття населення 5G в ЄС)	81%
Провідна європейська країна за доступністю 5G	Болгарія
Середня швидкість 5G без роумінгу в Болгарії	252,75 Мбіт/с
Інфраструктура (приблизна кількість базових станцій 5G в ЄС)	356 000
Кількість базових станцій 5G на 100 000 жителів ЄС	77
Країна ЄС з найбільшою кількістю базових станцій 5G	Німеччина
Світ	
Кількість підписок 5G по всьому світі у 2023 році	1,48 млрд
Поширення смартфонів 5G у 2023 році	59%
Провідний регіон із впровадження 5G FWA 2023	Північна Америка
Інфраструктура та пристрої 5G (кількість операторів у світі, які інвестують у 5G SA станом на 3-й кв. 2023 року)	121
Дохід від комерційного супутникового зв'язку 5G у 2022 році	1,89 млрд дол. США

Джерело: [8; 11].

лінням 4G/LTE [6]. Технологія відзначається надійністю та високою швидкістю, що сприятиме автоматизації процесів, роботизації та використанню IoT (Інтернету речей), а також можливість підключень до 1 млн пристроїв на один квадратний кілометр, що дозволить знизити витрати та оптимізувати бізнес-процеси, створити так звані "розумні міста".

Аналізуючи дані, що наведені французькою компанією "nPerf" [4], а саме мапи покриття мережами 5G в Україні та світі, можемо зробити висновок про практично відсутність покриття мережею 5G в Україні.

Мапи покриття провідними вітчизняними постачальниками електронних комунікацій ПрАТ "Kyivstar", ПрАТ "Водафон", ТОВ "Лайфселл" [5; 6; 7] та їх аналіз даних, нанесених на мапу, дозволяють зробити висновок, що найкраще розгорнуто мережу за згаданими технологіями компанією "Kyivstar", проте, як зазначалося вище, компонента — відсоток населення, що охоплений мобільною мережею 4G/LTE індексу розвитку інформаційно-комунікаційних мереж та послуг для України на 7,9% нижча, ніж середнє значення у країнах Європи. Мапи покриття мережею вказують на показники нижчі,

ніж зазначені у звіті "The ICT Development Index (IDI) 2023".

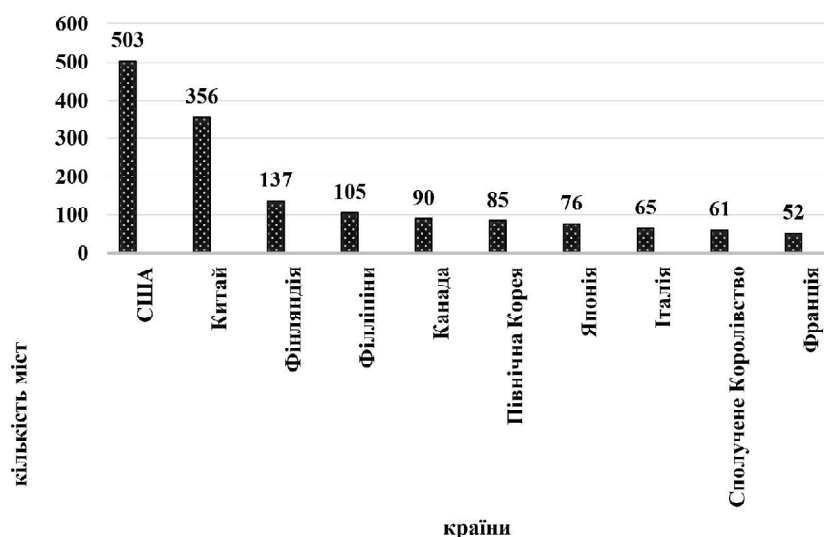
За рейтингом ринків 5G у період з липня 2022 року по липень 2023 року в Південній Кореї розміщено 419 базових станцій 5G на 100 000 жителів. Показник удвічі більший, ніж у Китаї, і майже в 14 разів більше, ніж у Сполучених Штатах, що знаходить пояснення у тому, що у квітні 2019 року Південна Корея була першою країною, яка запустила комерційні послуги 5G. Станом на 2023 рік кількість базових станцій п'ятого покоління становила у ЄС становила 39% від загальної кількості станцій 4G.

Минулого року Німеччина мала найбільшу кількість базових станцій 5G серед країн членів Європейського Союзу, де встановлено понад 90 тис. базових станцій. ЄС прагне прискорити розгортання мереж 5G в регіоні, розпочавши у 2016 році його активне розгортання. Спектр зазвичай призначається після того, як постачальники електронних комунікаційних послуг беруть участь в аукціонах на купівлю ліцензій у федеральних регулюючих органах на експлуатацію послуг 5G у певному діапазоні. Ключові характеристики розгортання мереж 5G в Європі і світі наведено у табл. 2.

У 2023 році Хорватія та Німеччина були єдиними країнами Європейського Союзу (ЄС), які використовували 100 відсотків так званих "піонерських діапазонів спектру", доступних для використання 5G. ЄС визначив три піонерські діапазони спектру, які будуть дозволені для 5G: 700 МГц, 3,6 ГГц і 26 ГГц.

Доступність 5G у містах за країнами світу у 2023 році відображено на рис. 3.

У 2023 році близько двох третин мобільних з'єднань для передачі даних у Європі були 4G, а 20 відсотків — 5G. Очікується, що в найближчі роки частка з'єднань

**Рис. 3. Доступність 5G у містах за країнами світу у 2023 році**

Джерело: [8].

4G зменшиться, а до 2030 року 81 відсоток з'єднань буде 5G.

Підсумовуючи, перевагою мобільного широкопasmового зв'язку за технологією 5G є можливість підключення більшої кількості пристроїв у окремих зонах у кількості до 1 млн пристроїв на квадратний кілометр. Зважаючи на важливість впровадження технологій п'ятого покоління вже сьогодні, припущення регулятора у сфері електронних комунікацій щодо доцільності переходу на нові мережі зв'язку із появою технології 6G, уникаючи розбудову мережі 5G, не є доцільним, оскільки відбудеться суттєве відставання у показниках розвитку сфери електронних комунікацій та використання передових технологічних рішень.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Розуміючи важливість зв'язку для функціонування господарюючих суб'єктів і населення, а також потребу у його забезпеченні, зосередження на стійкості роботи підприємств зв'язку, як об'єктів критичної інфраструктури, та захисті їх функціонування виникає потреба у розв'язанні проблем, які вирішить якнайшвидше розгортання мереж останнього покоління, а саме: забезпечення передових технологій потребує відповідних технологій у сфері зв'язку, зокрема покриття мережею 5G для забезпечення якості послуги електронних комунікацій; впровадження технологій 5G та GPON задовольнить потребу у забезпеченні енергоефективності та зниженні енерговитрат; зниження латентності (часового інтервалу між вихідним та вхідним трафіком), затримка знизиться з показника у 50-200 мс за 4G до 5 мс за технологією 5G; забезпечення якісного зв'язку у роумінгу; можливість проведення медичних операцій у режимі реального часу на значних відстанях, а також безпілотне керування автомобілями. Окрім того, для ефективної інтеграції у європейську мережу електронних комунікацій, потрібно відповідати стандартам у сфері зв'язку та, зважаючи на суттєве відставання у поширенні технологій п'ятого покоління, розробити стратегію розбудови мережі, починаючи із територій, регіонів, в яких знаходяться підприємства, що критично важливі для нормального функціонування господарюючих суб'єктів, а також забезпечення суспільно необхідних послуг для населення. Нові технології стандартів зв'язку дозволять автоматизувати та роботизувати виробничі процеси, тим самим оптимізувавши їх, знижуючи виробничі витрати та час; стимулюватимуть пришвидшення взаємної інтеграції мереж та гармонізації норм, стандартів, правил, політик щодо регулювання мереж сфери електронних комунікацій у світовому масштабі. Перспективи подальших розвідок націлені на дослідження досвіду розгортання мереж п'ятого покоління у країнах Європи, використанні передових практик та уникнення основних викликів, що з ним пов'язані, для ефективної й швидкої розбудови мережі в Україні.

Література:

1. OECD 2019. Належне врядування для забезпечення стійкості критичної інфраструктури. Огляди політики управління ризиками OECD. DOI: <https://doi.org/10.1787/02f0e5a0-en> (дата звернення: 07.05.2024).
2. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. Дата оновлення: 22.05.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 09.05.2024).
3. Measuring digital development ICT Development Index 2023. The ICT Development Index (IDI) 2023. URL: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/IDI2023/> (дата звернення: 16.05.2024).
4. nPerf. Карта покриття 5G по всьому світу. URL: <https://www.nperf.com/uk/map/5g> (дата звернення: 20.05.2024).
5. Карта покриття 3G / 4G / 5G від Kyivstar Mobile в Україні. <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/65222.Kyivstar-Mobile/signal?ll=48.04987590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6> (дата звернення: 21.05.2024).
6. Карта покриття 3G / 4G / 5G від Vodafone Mobile в Україні. URL: <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/146209.Vodafone-Mobile/signal?ll=48.04987590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6>
7. Карта покриття 3G / 4G / 5G від Lifecell в Україні. <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/309.Lifecell/signal?ll=48.04987590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6> (дата звернення: 21.05.2024).
8. Statista. Connection density of 4G, 5G and 6G technology URL: <https://www.statista.com/statistics/1183690/mobile-broadband-connection-density/>
9. Велика українська енциклопедія URL: https://vue.gov.ua/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0 (дата звернення: 24.05.2024).
10. Digital Policy Support to Ukraine. URL: <https://eu4ukraine.eu/en/projects-en/eu-project-page-en?id=1623> (дата звернення: 30.05.2024).
11. The EU4DigitalUA Project. URL: <https://eufordigital.eu/discover-eu/eu4digitalua/> (дата звернення: 03.06.2024).
12. Словотвір. Значення слова "інтероперабельність". URL: <https://slovotvir.org.ua/words/interoperabelnist> (дата звернення: 05.06.2024).
13. Потенціал технологій 5G для відбудови та розвитку України. Інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/potentsial-tekhnohohiy-5g-dlya-vidbudovy-ta-rozvytku-ukrayiny> (дата звернення: 10.06.2024).
14. Одарченко Р. С., Дика Т. В., Жарова О. В., Одарченко М. С., Жога В. М., Слободян О. П. Ключові напрямки досліджень стільникових мереж на шляху до 6G (огляд). Наукоємні технології. 2022. № 3 (55). С. 215—228. DOI: 10.18372/2310-5461.55.16904.
15. Антоненко А. В., Поплавський Д. В., Голубенко О.І., Кондратюк Б.О., Верко Р.А. Впровадження моделі розгортання мереж мобільного зв'язку 6-го покоління за допомогою безпілотників. Вісник Хмельницького національного університету. 2023. № 6 (329). С. 49—55. DOI 10.31891/2307-5732-2023-329-6-49-55.
16. Васильківський М. В., Коломієць А.А., Грабчак Н. Дослідження функціональних параметрів інфокомунікаційних мереж 6G. Вісник Хмельницького національного університету. 2022. Т. 1, № 6 (315). С. 46—52. DOI 10.31891/2307-5732-2022-315-6-46-52.

17. Gigacloud. Вступ до світу 5G. URL: <https://gigacloud.ua/blog/navchannja/scho-take-5g-harakteristiki-ta-koli-ochikuvati-v-ukraini> (дата звернення: 15.06.2024).

18. Арістов О. В. Бітрейт. Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua/Бітрейт> (дата звернення: 17.06.2024).

References:

1. OESD (2019), "Good governance to ensure the sustainability of critical infrastructure", OECD risk management policy reviews. DOI: <https://doi.org/10.1787/02f0e5a0-en>

2. Verkhovna Rada of Ukraine (2021), The Law of Ukraine "About critical infrastructure", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (Accessed 09.05.2024).

3. The ICT Development Index (IDI) (2023), "Measuring digital development ICT Development Index 2023", available at: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/IDI2023/> (Accessed 16.05.2024).

4. nPerf (2024), "Map of 5G coverage around the world", available at: <https://www.nperf.com/uk/map/5g> (Accessed 20.05.2024).

5. Kyivstar Mobile (2024), "3G / 4G / 5G coverage map", available at: <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/65222.Kyivstar-Mobile/signal?II=48.0498-7590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6> (Accessed 21.05.2024).

6. Vodafone Mobile (2024), "3G / 4G / 5G coverage map", available at: <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/146209.Vodafone-Mobile/signal?II=48.04987-590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6> (Accessed 16.05.2024).

7. Lifecell (2024), "3G / 4G / 5G coverage map", available at: <https://www.nperf.com/uk/map/UA/-/309.Lifecell/signal?II=48.04987590768324&lg=25.2788844357399&zoom=6> (Accessed 21.05.2024).

8. Statista (2024), "Connection density of 4G, 5G and 6G technology", available at: <https://www.statista.com/statistics/1183690/mobile-broadband-connection-density/> (Accessed 16.05.2024).

9. Great Ukrainian encyclopedia (2024), available at: https://vue.gov.ua/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0 (Accessed 24.05.2024).

10. EU Delegation to Ukraine (2024), "Digital Policy Support to Ukraine", available at: <https://eu4ukraine.eu/en/projects-en/eu-project-page-en?id=1623> (Accessed 30.05.2024).

11. The EU4DigitalUA Project (2024), available at: <https://eufordigital.eu/discover-eu/eu4digitalua/> (Accessed 03.06.2024).

12. SlovoVir (2024), "The meaning of the word "interoperability", available at: <https://slovotvir.org.ua/words/interoperabelnist> (Accessed 05.06.2024).

13. NISS (2024), "The potential of 5G technologies for reconstruction and development", available at: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/potentsial-tekhnologiy-5g-dlya-vidbudovy-ta-rozvytku-ukrainy> (Accessed 10.06.2024).

14. Odarchenko, R. S., Dyka, T. V., Zharova, O. V., Odarchenko, M. S., Zhoha, V. M. and Slobodian, O. P. (2022), "Key directions of cellular network research on the way to 6G (review)", Naukoemni tekhnologii, vol. 3(55), pp. 215—228. DOI: 10.18372/2310-5461.55.16904.

15. Antonenko, A. V., Poplavs'kyj, D. V., Holubenko, O. I., Kondratiuk, B. O. and Verko, R. A. (2023), "Implementation of a model for deploying 6th generation mobile networks using drones", Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu, vol. 6 (329), pp. 49—55. DOI 10.31891/2307-5732-2023-329-6-49-55.

16. Vasyli'kivs'kyj, M. V., Kolomiets', A. A. and Hrabchak, N. (2022), "Research of functional parameters of infocommunication networks 6G", Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu, vol. 1, no. 6 (315), pp. 46—52. DOI 10.31891/2307-5732-2022-315-6-46-52.

17. Gigacloud (2024), "Introduction to the world of 5G", available at: <https://gigacloud.ua/blog/navchannja/scho-take-5g-harakteristiki-ta-koli-ochikuvati-v-ukraini> (Accessed 15.06.2024).

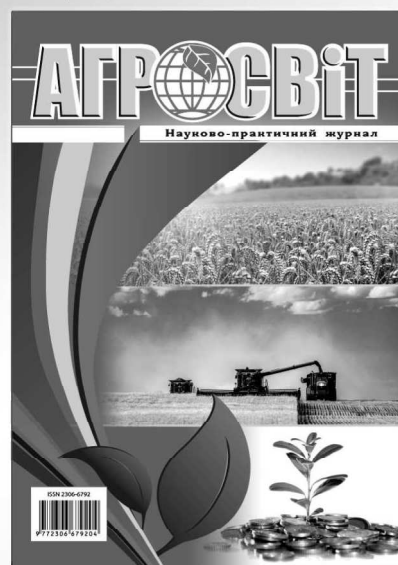
18. Aristov, O. V. (2024), "Bitrejt", available at: <https://vue.gov.ua/Бітрейт> (Accessed 17.06.2024).

Стаття надійшла до редакції 10.07.2024 р.

АГРОСВІТ

<https://nayka.com.ua>

Передплатний індекс: 23847



Виходить 24 рази на рік

**Журнал включено до переліку
наукових фахових видань України
з ЕКОНОМІЧНИХ НАУК (Категорія «Б»)**

Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292