

С. А. Чукут,

д. держ. упр., професор, професор кафедри теорії та практики управління, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ

ORCID ID: 0000-0001-9829-0218

Л. О. Шумська,

студентка 3 курсу факультету соціології і права, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ

ORCID ID: 0000-0002-4256-8054

DOI: 10.32702/2306-6814.2022.3.88

ЗАПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ ЯК СКЛАДОВОЇ РОЗУМНОГО МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ ДАНИХ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ

S. Chukut,

Doctor of Sciences in Public Administration, Professor, Professor of the Department of Theory and Practice of Management, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

L. Shumska,

Student of the Department of Sociology and Law, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

INTRODUCING SMART GRID AS PART OF A SMART CITY USING BIG DATA: CURRENT CHALLENGES AND TRENDS

У статті проаналізовано концептуальні основи розумного міста, великих даних, розумних енергосистем та їхній взаємозв'язок. Розумне місто розглядається як місто, яке має на меті сприяти досягненню цілей сталого розвитку за допомогою сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, насамперед з використанням технологій інтернет речей, аналітики даних та штучного інтелекту для задоволення існуючих та виникаючих потреб громадян, заохочуючи заходи участі та громадянську участь. Досліджено роль великих даних у цих процесах. Розкрито сутність розумних енергосистем як складової розумного міста. Виокремлено основні підходи щодо запровадження розумних енергосистем у розумному місті. Проаналізовано досвід розробки відповідних управлінських стратегій із використанням великих даних в Канаді, Данії та Південній Кореї. Зокрема, досліджено канадську "Ініціативу розумного вимірювання" (Smart Metering Initiative, SMI), датський проєкт ринку електроенергії з гнучким споживанням для приватних домогосподарств — EcoGrid 2.0 та південнокорейський проєкт розумної енергосистеми — "Випробувальний полігон на острові Чеджу". Проаналізовано стан розвитку системи розумного вимірювання спожитої електроенергії в містах України. Встановлено, що вона запроваджується не урядовими ініціативами, а приватними — компаніями-постачальниками електроенергії. Зазначено, що в Україні не існує єдиного нормативно-правового підходу до визначення таких понять, як "розумна енергосистема" або "розумні лічильники". Також на законодавчому рівні відсутня затверджена стратегія або план до переходу на розумні системи вимірювання спожитої енергії. В статті виокремлено ризики та загрози, які гальмують розвиток розумних енергосистем. Звертається найбільше уваги на ті, що пов'язані зі захистом приватності споживачів та їх безпекою внаслідок посилення кібератак. Розроблено практичні рекомендації щодо застосування кращого зарубіжного досвіду в управлінні розумними енергосистемами, а також запропоновані шляхи уникнення кібернетичних загроз в Україні.

The article analyzes the conceptual foundations of a smart city, big data, smart grids and their relationship. The essence of a smart grid as a component of a smart city is revealed. The theoretical foundations of a smart city, which is considered to be a city that aims to promote sustainable development through modern information and communication technologies, primarily using Internet of Things technologies, data analytics and artificial intelligence to meet existing and emerging needs of citizens, encouraging activities participation and civic participation. The role of big data in these processes has been studied. Features of big data according to "five conditions" are specified. The main approaches to the use of a smart grid in a smart city are highlighted. Smart grid systems have been identified as upgraded grid systems that use information and communication

technologies to automate the collection of available data, such as information on and actions of suppliers and consumers, to add new metrics to the system. The experience of developing management strategies using big data in Canada, Denmark and South Korea is analyzed. In particular, the Canadian Smart Metering Initiative (SMI), the Danish EcoGrid 2.0, a flexible electricity consumption project for private households, and the South Korean Smart Grid Test Project, Jeju, were studied. The state of development of the system of smart metering of consumed electricity in the cities of Ukraine is analyzed. It has been established that it is not implemented by government initiatives, but by private ones — by electricity supply companies. It is noted that in Ukraine there is no single legal approach to the definition of such concepts as "smart grids" or "smart meters". Also at the legislative level there is no approved strategy or plan for the transition to smart energy metering systems. Risks and threats that hinder the development of smart energy systems have been identified. Of these, most attention is paid to those related to the protection of consumer privacy and security due to increased cyberattacks. It is proposed to use the US experience to prevent cyber threats in smart power systems. Practical recommendations for the application of the best foreign experience in the management of smart grid have been developed, as well as ways to avoid cyber threats in Ukraine have been proposed.

Ключові слова: розумні міста, великі дані, розумні енергосистеми, управління містом, захист приватності, кіберзагрози.

Key words: words: smart cities, big data, smart grid, city management, protection of privacy, cyber threats.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Очікується, що до 2050 року майже 70% світового населення проживатиме в містах [1]. Сьогодні те, як ми живемо, працюємо та подорожуємо в містах значно відрізняється від досвіду попередніх поколінь, а отже, потребує більш поглибленого дослідження. Водночас розвиток міст несе в собі не лише створення нових благ, послуг та можливостей, але й серйозні екологічні загрози. За оцінками експертів, міста продукують 75% парникових викидів у всьому світі, переважно через будівлі та транспорт [2]. Окреме занепокоєння викликають ризики, викликані нераціональним використанням енергії містами. Попри велику увагу до застосування технологій Інтернету речей для розумного паркування та керування трафіком, за даними дослідницької компанії IDC [3] розумні енергосистеми залучають найбільшу частку інвестицій у розумні міста. Це зумовлено тим, що: по-перше, застосування розумних енергосистем дозволить користувачам контролювати точне споживання електроенергії в режимі реального часу, надаючи динамічну інформацію про ціноутворення; по-друге, застосовуючи концепцію розумних енергосистем, споживачі, маючи інформацію щодо їхнього внеску у викиди вуглецю, зможуть приймати більш розумні рішення [4]; по-третє, підвищення енергоефективності в належним чином організованих містах є прямим шляхом досягнення амбітних екологічних цілей [5].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженням концепції розумного міста займалися Кюріале М. [5], Коен Б. [7], О'Лірі М., Цаджа Дж. [9], Караглю А. [10] та інші; великі дані вивчали Кіані С., Сіміч М. [14], Вучетич М. [14], Станкович М.С. [14], Ботельо Б. [11], Родріго О.Е., Хан З., Анджум А., Кітчин Р., Додж М. та інші; розумні енергосистеми в управлінні розумним містом досліджували Кан Т. [24], Енсафіс-орр Г., Хамуоші М., Егеліоглу Ф., Пархем, К. [4], Аллен, М. [16]; Прейс А. [16], Ікбаль М. [16], Уіттл, Е. Дж. [16], Гольдштейн П., Фарманбар М. [4], Арільд О. [4], Ронг С. [4] та інші вчені. Переважно в цих дослідженнях акцентується увага на перевагах розвитку розумних міст з

використанням великих даних, а також позитивній динаміці розгортання розумних енергосистем. Однак поза увагою дослідників залишилися потенційні та реальні загрози, які супроводжують ці процеси. Особливо це стосується енергетичних систем, які належать до критичної інфраструктури України. Як зазначено в Кодексі, системи передачі: "критична інфраструктура — сукупність об'єктів системи передачі або її частини, що входять до складу об'єднаної енергетичної системи України, та є необхідними для забезпечення життєво важливих для суспільства функцій, охорони здоров'я, безпеки та добробуту населення, виведення з ладу або руйнування яких матиме суттєвий вплив на національну безпеку та оборону, навколишнє природне середовище та може призвести до значних фінансових збитків і людських жертв" [6]. Саме цим зумовлено вибір теми нашого дослідження — запровадження розумних енергосистем як складової розумного міста з використанням великих даних, а також виокремлення потенційних загроз та викликів, які супроводжують цей процес.

МЕТОЮ СТАТТІ

Метою статті є дослідити сучасні виклики та тенденції запровадження розумних енергосистем як складової розумного міста з використанням великих даних.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Перш ніж перейти до визначення поняття "розумне місто" потрібно зауважити, що в науковому колі помітне широке варіювання в розумінні цього терміну. Це зумовлено тим, що явище "розумне місто" відносно нове, тому трактується по-різному в залежності від особливостей міста. Таким чином, міста, що називають себе розумними містами, можуть істотно відрізнятися одне від одного в залежності від їхнього демографічного складу, політичної та економічної ситуації, історії та культури.

На нашу думку, розумні міста — це міста, які мають на меті сприяти досягненню цілей сталого розвитку за допомогою сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, насамперед з використанням технологій інтер-

нет речей, аналітики даних та штучного інтелекту для задоволення існуючих та виникаючих потреб громадян, заохочуючи заходи участі та громадянську участь. Розвиток розумних міст є складним завданням, яке передбачає різноманітні питання, включаючи такі питання, як екологічний та інфраструктурний дизайн, реалізацію концепцій 30-ти або 15-ти хвилинного міста, активне залучення стейкхолдерів, насамперед місцевих жителів, до всіх новацій, які заплановані або відбуваються в місті тощо. Слід відзначити, що хоча багато різних зацікавлених сторін беруть участь у процесі перетворення міста на розумне місто, але кінцевим бенефіціаром є (або повинен бути) кожен житель цього міста.

Сучасні розумні міста залежать від збору та аналізу різноманітних даних, насамперед великих даних. Використання належним чином великих даних сприяє покращенню міських систем, насамперед таких як транспорт, інфраструктура та міський розвиток. Розумні міста об'єднують ці різні рівні застосування великих даних, щоб дати нове розуміння взаємодії між людьми та їх оточенням, а також впливати на те, як міські системи використовуються в реальному світі. Як зазначає Б. Ботельо, великі дані — це комбінація структурованих, напівструктурованих і неструктурованих даних, зібраних організаціями, які можна видобувати для отримання інформації та використовувати в проєктах машинного навчання, прогнозного моделювання та інших передових аналітичних процесах [11]. Великі дані тісно пов'язані з класичною моделлю "п'яти умов", запропонованою О.Е. Родріго, які розкривають основні характеристики великих даних [12]:

- обсяг (Volume) — обсяг даних відповідає за кількість накопиченої інформації, що є настільки великою, що традиційні способи обробки з нею вже не працюють;

- швидкість (Velocity) — ця характеристика описує стрімку швидкість, з якою дані збираються у світі, іноді, ця характеристика навіть важливіша за обсяг, тому що мати обмежену кількість критичної інформації в момент часу може стати значно важливіше, ніж велику кількість інформації, яку ти не можеш використати;

- достовірність (Veracity) — цей компонент відповідає за якість даних, адже недостатньо поставити датчики і розпочати збір даних;

- різноманітність (Variety) — місто може отримати дані з багатьох пристроїв, лічильників у різному форматі — структурованому і неструктурованому;

- мінливість (Variability) — якщо дані будуть невідповідними, це ускладнить процес їх аналізу та обробки.

Федеральна комісія з регулювання енергетики США розглядає розумну енергосистему — як оновлену систему електромережі, яка використовує інформаційні та комунікаційні технології для автоматизованого збору доступних даних, таких як інформація про поведінку постачальників і споживачів, і дії з ними, щоб додати в систему нові показники [14]. Такий підхід до управління енергоресурсами може втілюватися передусім в установці та експлуатації приладів, що автоматизовано збирають метричні дані спожитої енергії у домівках або на підприємствах, тим самим дозволяючи підвищити надійність, якість та швидкість процесу комунікації між спо-

живачем (громадянином) та компанією постачальником. На нашу думку, до наведеного вище визначення розумних мереж слід додати не лише збір нових показників, а насамперед — використання отриманих показників (даних) для прийняття ефективних управлінських рішень щодо належної експлуатації та керування електромережами.

Технології розумних мереж мають численні переваги для розумних міст, які впроваджують їх самостійно або у співпраці з комунальними підприємствами. Це зумовлено тим, що розумна енергосистема — це набагато більше, ніж просто розумні вимірювання, вона також включає в себе інші складові: розподільні лінії та підстанції (автоматизація підстанцій, цифрові підстанції); технології та механізми для запобігання відключенню електроенергії та забезпечення якості електроенергії; інтеграцію енергії з різних джерел з підвищеним акцентом на "зелену енергію"; розумне виробництво електроенергії; автоматизацію енергосистеми; мікрогенерацію, за допомогою якої організації можуть виробляти власну енергію та постачати його в центральну мережу; кращі та додаткові можливості зберігання електроенергії; способи підвищення безпеки та проєктування більш сучасних і стабільних електричних мереж у країнах і регіонах, де старі мережі потребують заміни.

Отже, до переваг розумних енергосистем можна віднести: полегшення підключення та роботи генераторів будь-яких розмірів і технологій; можливість споживачів брати участь в оптимізації роботи системи; надання споживачам більше інформації та варіантів того, як вони можуть використовувати своє підключення; значне зменшення впливу на навколишнє середовище всієї системи електропостачання; підтримання/покращення існуючого високого рівня надійності, якості та безпеки постачання; удосконалення послуг.

Для кращого розуміння сучасних тенденцій розвитку розумних енергосистем проаналізуємо відповідний досвід розробки управлінських стратегій із використанням великих даних у Канаді, Данії та Південній Кореї.

Насамперед, слід відзначити ініціативу уряду Онтаріо (Канада) — Ініціативу розумного вимірювання (Smart Metering Initiative), яка покликана частково створити культуру збереження та підтримати управління попитом шляхом розгортання розумних лічильників у масштабах провінції [17]. Серед суб'єктів, що були залучені до ініціативи: Міністерство енергетики Канади відповідало за розробку та впровадження політик, а також законодавчих та нормативних змін, надання вказівок та прийняття рішень з питань політики протягом усього проєкту, підтримка зв'язку з усіма видами діяльності робочої групи та відстежування їх; Енергетична рада Онтаріо — за перегляд та затвердження витрат, пов'язаних з розумними лічильниками, регулювання Незалежного оператора електроенергетичної системи як об'єкту інтелектуального вимірювання, надання рекомендацій дистриб'юторським компаніям з питань відшкодування витрат, встановлення та перегляд тарифів за час проєкту, збір інформації про хід виконання; Незалежний оператор електроенергетичної системи — за розробку, експлуатацію та керування центральним сховищем даних лічильників (центр обробки даних провінційний), сприяння інтеграції дистриб'юторських

компаній з провінційним центром обробки даних, збір, перевірка, оцінка та редагування даних інтелектуальних лічильників для отримання даних розрахунків для дистрибуторських компаній; 73 дистрибуторських компанії, власники систем розумного вимірювання — за придбання, встановлення, експлуатація та обслуговування розумних лічильників і пов'язаних систем, збереження відповідальності за виставлення рахунків платникам тарифів і обслуговування клієнтів, доступ до даних із централізованого провінційного центру обробки даних [18]. Було запропоновано модель тарифів під назвою "time-of-use" або "тариф за час використання", згідно з якою тарифи на електроенергію найвищі вдень, але знижуються вночі, у вихідні та святкові дні.

Очікувалося, що комбінація розумних лічильників і ціноутворення за цим принципом стимулюватиме економію електроенергії та зменшуватиме попит у часи пік, надаючи платникам податків інформацію та стимули для управління їх використанням електроенергії шляхом: 1) переміщення споживання з пікових годин до непікових (наприклад, запуск посудомийної машини або сушарки на ніч, а не вдень); 2) зменшення споживання в часи пік (наприклад, установка кондиціонера на кілька градусів теплішою в літні дні) [19]. Майже 5 мільйонів розумних лічильників було встановлено в Онтаріо, що надало значні переваги споживачам та місцевим дистрибуторським компаніям. Розумні лічильники відстежують та фіксують споживання електроенергії щогодини. Більшість жителів Онтаріо отримують доступ через інтернет до даних про споживання електроенергії, які зібрані з їхніх розумних лічильників. Це допомагає їм краще зрозуміти своє споживання енергії, а також дізнатися нові способи як її використовувати більш ефективно [19].

Інший підхід до розвитку розумних енергосистем можна простежити в Данії, в якій понад 50% енергії в електричній мережі надходить з відновлюваних джерел, та має один із найвищих показників у світі [20]. Тому в Данії був реалізований проєкт розумної енергосистеми з метою розподілу енергії з усіх видів відновлюваних джерел. Однією з причин започаткування проєкту EcoGrid 2.0 був перехід від викопного палива до зеленої енергетичної системи, що зробило електричну систему Данії залежною від певних факторів — зелені джерела енергії не завжди доступні, коли вони потрібні. EcoGrid 2.0 — це проєкт ринку електроенергії з гнучким споживанням для приватних домогосподарств, що був реалізований в Данії протягом 3,5 років (завершився у червні 2019 року), в якому 800 будинків на острові Бронхольм були оснащені розумним лічильником та автоматизованими пристроями [21].

Гнучкість є основним компонентом проєкту. Вона означає, що клієнт або пристрій, підключений до системи живлення, змінює свою поведінку, щоб задовольнити потреби системи електроенергії. Наприклад, тепловий насос, який зупиняється через перевантаження лінії електропередачі, електромобіль, який адаптує свої схеми зарядки, щоб збалансувати коливання рівня енергії вітру або сонячної енергії, або клієнт, який вирішив використовувати свою сушильну машину пізніше, ніж планувалося [22]. Робиться це задля того, щоб зберегти баланс у ті дні, коли енергії потрібно більше або нава-

ки менше. Як зазначають організатори проєкту, важливим ризиком була необхідність забезпечити комфорт мешканцям, зробити експеримент "невидимим". Через це їм доводилося бути обережними з тим, наскільки сильно вони регулюють показники теплових насосів [22]. Для реалізації цієї ідеї проєктом було передбачено створення так званого "агрегатора" — своєрідний місток між споживачем та енергосистемою [22]. Серед інших гравців проєкту: оператори системи передачі, сторони, відповідальні за баланс, оператори системи розподілу — це "покупці гнучкості", в той час як "агрегатори" — його продавці. Отже, схема роботи агрегаторів полягала в тому, щоб керувати тепловими насосами та опалювальними панелями в домівках споживачів — непомітно зменшувати інтенсивність їх роботи, коли в цьому була необхідність.

Загалом, було використано під час реалізації проєкту два типи регулювання енергії [23]: 1) планова регуляція — послуги, які активуються в договірний момент і надаються протягом контрактного періоду (наприклад, зниження навантаження на 100 кВт активовано о 18:00 і надається протягом 1 години); 2) регуляція за умовами — послуги, які укладені на певний період часу, але активуються на вимогу покупця (наприклад, резервація можливості активувати зниження навантаження на 100 кВт протягом 1 години в період з 18:00 до 24:00 у зимовий сезон).

Такий підхід забезпечив гнучкість процесу і дозволив мешканцям, учасникам експерименту, вносити своє бачення в перебіг проєкту та бути активно залученим до його реалізації. Також він корисний тим, що кожен мешканець має особистий графік та потреби, а тому, вносячи свої побажання (потреби), допомагає зробити проєкт більш точним та результативним.

Певним чином, цілі цього проєкту схожі з проєктом Онтаріо — зробити користування електроприладами більш гнучким та адаптованим, залучити громадян до процесу, показати їм, як влаштована енергосистема в місті та яким є їхній вклад, зокрема негативний (говорячи про екологічні наслідки, викиди CO₂). Слід відзначити, що вдалось це як першому, так і другому проєкту доволі успішно.

У Південній Кореї розвитком технології розумних енергосистем займаються вже тривалий час. Ще у 2005 році уряд Кореї заснував Electric Power IT Task Force (Робочу групу з інформаційних технологій в електроенергетиці), що включала галузевих експертів та політиків у галузі енергетики та ІТ. Основною метою Робочої групи була розробка детального плану розвитку національної електромережі шляхом застосування інформаційних технологій в енергетичній інфраструктурі країни [24]. Розумна енергосистема розглядалася як мережа енергетичної системи наступного покоління, яка інтегрує інформаційні технології в існуючу енергетичну мережу для оптимізації енергоефективності через двосторонній обмін інформацією про електроенергію між постачальниками та споживачами у режимі реального часу [25]. Досить успішним проєктом розумної енергосистеми в Південній Кореї є будівництво у 2011 році Випробувального полігону розумної енергосистеми на острові Чеджу, найбільшому острові країни [26]. Це був випробувальний проєкт, реалізацією якого займалось

Міністерство економіки та знань Кореї, 168 приватних компаній, а також 6000 домогосподарств. Мета проєкту полягала в тому, щоб навчитись використовувати дані, зібрані за допомогою розумних лічильників, для скорочення зайвої витрати електроенергії та підвищення ефективності. Реалізація проєкту відбувалася в два етапи. Спочатку, передбачалось будівництво об'єктів та інфраструктури для розумних енергетичних систем. Після, проходило безпосереднє тестування, а також розширення експорту технологій. Відповідно до Національної дорожньої карти розумних енергосистем Кореї [25], проєкт включав п'ять ключових сфер та діяльність: розумну енергосистему, розумне розташування, розумний транспорт, розумні поновлювані джерела енергії, розумну електричну мережу та розумні електричні послуги. Ключовими сферами діяльності розробники проєкту називають: реагування на попит; управління енергією в будинку та торгівля енергією. Реагування на попит — це процес взаємодії комунальних служб та споживачів енергії, в результаті якого в пікові години споживання скорочується, а громадяни винагороджуються певними стимулами, такими як знижки. Управління енергією ж передбачає моніторинг та контроль споживання енергії в режимі реального часу для громадян. Нарешті, торгівля електроенергією надала споживачам можливість вибору тарифів на електроенергію, дозволила їм продавати відновлювану енергію назад у мережу та запровадити систему ціноутворення в режимі реального часу по всій країні [25].

Наразі в Україні не існує єдиного підходу до визначення таких понять як "розумна енергосистема" або "розумні лічильники". Поруч з цим, на законодавчому рівні не існує затвердженої стратегії або плану до переходу на розумні системи вимірювання спожитої енергії. Особливо важливим розвиток цих технологій здається з огляду на євроінтеграційні процеси, що відбуваються в Україні. У 2014 році була підписана Угода про Асоціацію між Україною та Європейським Союзом, внаслідок чого Україна зобов'язана враховувати європейські практики в різних галузях економіки. Зважаючи на значний успішний досвід впровадження технології розумних енергосистем в ЄС, сьогодні нашим урядовцям варто звернути особливу увагу на розкриття потенціалу розумних енергосистем і в Україні також.

Втім, за добровільною згодою громадян в українських будинках поступово встановлюються розумні лічильники. Компанія ДТЕК встановила понад 500 000 тисяч розумних лічильників в Україні, до кінця 2021 року планувала встановити ще понад 300 000 таких пристроїв [27]. Інша компанія — АТ "Прикарпаття-обленерго" — робить те ж саме за кошти громадян — встановлено 30 000 лічильників на рік [28]. Основним, хоча не єдиним, аргументом на користь встановлення розумних лічильників для споживачів в Україні є потенційна фінансова вигода, пов'язана з їх користуванням. Наприклад, розумні лічильники надають можливість клієнтам користуватися перевагами нічного тарифу на електроенергію, меншим за тариф денний (він є дешевшим на 50%) [28]. Користування розумними лічильниками автоматизує процес збору показників: мешканцям більше не потрібно заходити на сайт, шукати чат-бот, телефонувати або навіть їздити, щоб передати дані про

спожиту енергію. Це значно економить час та підвищує якість надання послуг для населення.

Також при використанні великих даних у розвитку розумних міст важливо усвідомлювати потенційні небезпеки та загрози, які можуть виникнути, а саме керований даними характер багатьох розумних міст, зокрема збирання особистої інформації про звички, спосіб життя та відстеження їх повсякденної поведінки — викликає серйозне занепокоєння щодо приватності та захисту персональних даних. Якщо такі дані збираються, зберігаються та обробляються сторонніми операторами, громадяни втрачають контроль над своїми особистими даними.

Окрім того, значним викликом є кібератаки, кількість яких зростає з кожним роком. Серед найбільш вразливих об'єктів цих атак розумні енергосистеми посідають чільне місце. В цьому контексті слід пригадати події, які відбулися 14 серпня 2003 року, коли постраждали 50 мільйонів людей, у тому числі жителі Нью-Йорка, Клівленда та Детройта, а також Торонто та Оттави. Хоча енергокомпанії змогли відновити деякі роботи всього за дві години, в інших місцях електроенергія залишалася відключеною більше доби. Відключення зупинило роботу поїздів і ліфтів, а також порушило роботу всього — від стільникового телефонного зв'язку до роботи в лікарнях, до руху в аеропортах. Тільки в Нью-Йорку вартість відключення електроенергії склала понад 500 мільйонів доларів [29]. Хоча в звіті Управління електроенергетики "Blackout 2003: Остаточний звіт про відключення електроенергії від 14 серпня 2003 року у США та Канаді: причини та рекомендації" [30] не встановлено прямий зв'язок з кібератакою, однак було зазначено, що потенційний ризик цього є значним, а також відзначені вразливості систем електропостачання до кібернетичних загроз, насамперед використання системи наглядового контролю та збору даних, які розроблялися і запроваджувалися з 1980-х років та планувалися виключно для ізольованої роботи. Слід відзначити, що ці системи є надзвичайно поширеними в світі, зокрема і в Україні.

Як зазначають Роб Кітчин та Мартін Додж [31], у період з 2010 по 2014 рік Міністерство енергетики США, яке здійснює нагляд за енергосистемою, регулює виробництво електроенергії та управляє арсеналом ядерної зброї, задокументувало 1131 кібератаку, з яких 159 були успішними. Це зумовлено тим, що всі основні міські послуги, включаючи електромережу, водопостачання та управління дорожнім рухом, мають за основу системи наглядового контролю та збору даних (SCADA), які використовуються для контролю функцій та матеріальних потоків. Ці системи вимірюють, як працює інфраструктура в режимі реального часу, і дозволяють або автоматизованим, або людським операторам, змінювати налаштування. Низка цих систем були скомпрометовані хакерами, які змінюють те, як інфраструктура працює або викликає відмову в обслуговуванні.

В Україні розпочинаючи з 2015 року кількість кібератак на енергетичні мережі зростає — найбільш відома з них найперша атака, яка відбулася в грудні 2015 року та призвела до того, що на західній Україні [32] залишилися протягом 6 годин без світла та тепла 225 000 людей. Хакери також саботували електророз-

подільне обладнання, ускладнюючи спроби відновити електроенергію. Однак, як зазначають експерти: "системи управління в Україні були на диво більш безпечними, ніж деякі в США, оскільки вони були добре сегментовані від бізнес-мереж центрів управління з надійними брендмауерами. Але зрештою вони все ще були недостатньо захищеними — працівники, які віддалено входили в мережу SCADA, мережу контролю та збору даних, яка контролювала мережу, не повинні були використовувати двофакторну аутентифікацію, що дозволяло зловмисникам захопити їхні облікові дані та отримати важливий доступ до систем, які контролювали зловмисники" [32]. Наступна відома атака відбулася 17—18 грудня 2016 року, під час якої робочі станції та системи наглядного контролю та збору даних (SCADA), пов'язані з підстанцією 330 кіловат "Північ", зазнали впливу зовнішніх джерел [32]. Остання найбільш відома атака відбулася 14 січня 2022 року, однак інформація щодо втручання хакерів в енергетичну систему України наразі відсутня.

ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ЦЬОМУ НАПРЯМІ

Підсумовуючи проаналізовані нами зарубіжні практики, слід відзначити, що спільним у цих проєктах є ключова роль громадян та їх активне залучення до розвитку розумних енергосистем. Встановлено, що недостатнім є закупівля дорогавартісного обладнання чи розробка складних аналітичних процесів, якщо не відбувається робота з населенням, не надаються зрозумілі інструменти для управління розумними енергосистемами. Масове встановлення розумних лічильників не принесе користі, якщо громадяни не почнуть корегувати свою поведінку на основі отриманих від лічильників даних. Запровадження розумних енергосистем в управлінні розумним містом вимагає від влади прийняття відповідних рішень. Необхідно розробити нормативно-правове забезпечення для регулювання розвитку розумної енергосистеми, зокрема як частини інфраструктури міста з урахуванням потреб та безпеки їх жителів. Розвиток технології повинен відбуватись із можливістю під'єднання до управління системою з доступних та добре відомих для споживачів різноманітних гаджетів (смартфони, ноутбуки, планшети тощо), що суттєво спростить та оптимізує процес збору, обробки та аналізу даних. Це дозволить громадянам стати більш свідомими та гнучкими в управлінні використаною електроенергією, а також матиме суттєвий вплив на досягнення амбітних екологічних цілей. Для успішної реалізації вищезазначених завдань, держава повинна підтримувати комунікацію та консультування із компаніями-постачальниками послуг надання електроенергії, а також з іншими стейкхолдерами, які б забезпечили безперебійне технічне обслуговування онлайн-платформ, застосунків, лічильників тощо.

Окрім того потребує розробки та запровадження низка заходів, пов'язана з вразливістю розумних енергосистем кібернетичним загрозам. На нашу думку, слід прислухатися до порад Д. Ч. Джонсона, які він висловив у своїй промові на заході Атлантичної ради "Захист сек-

торів енергетики та критичної інфраструктури від кібератак" [33]. Отже, насамперед потрібно усвідомити, що кіберзагроза енергетичній інфраструктурі реальна і зростає. Саме тому на загальнодержавному рівні слід терміново вжити наступні заходи: 1) продовжувати підвищувати обізнаність про загрозу фішингу — підвищення обізнаності про спис-фішинг серед тих, хто використовує систему, може значно знизити рівень успіху цієї форми атаки; 2) досягти та забезпечити резервування — потрібно мати резервні системи, які існують поза Інтернетом на випадок, якщо основна система пошкоджена або, принаймні, план на випадок надзвичайних ситуацій, як надавати послуги, якщо резервування неможливо; 3) слід законодавчо закріпити певні мінімальні стандарти кібербезпеки критичної інфраструктури — більшість критичної інфраструктури країни знаходиться в руках приватного сектора (працюючи з приватним сектором, уряд повинен мати можливість розробити базові, практичні та реалізовані стандарти, багато великих компаній із критичною інфраструктурою далеко пройшли у сфері кібербезпеки власних активів); 4) слід посилити обов'язкове звітування уряду про певні категорії кіберінцидентів у критичній інфраструктурі; 5) слід визнати, що кібератака на трубопровід або електромережу може завдати такої ж фізичної шкоди і страждань, як і стихійне лихо (в США створено Фонд реагування та відновлення кібернетиків, яким для цієї мети керує DHS); 6) слід навчати, набирати та утримувати кібер-працівників, щоб відповідати на поточні загрози у сфері кібербезпеки — заохочувати програми обміну між державним і приватним секторами.

Література:

1. World urbanization prospects. United Nations: Department of economic and social affairs. 2018. URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (дата звернення 20.09.2021).
2. Cities and climate change. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change> (дата звернення 25.09.2021).
3. New IDC spending guide forecasts \$124 billion will be spent on smart cities initiatives in 2020. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/202002-10005215/en/New-IDC-Spending-Guide-Forecasts-124-Billion> (дата звернення 01.12.2021).
4. Farmanbar M., Parham K., Arild O., Rong C. A widespread review of smart grids towards smart cities. *Energies*. 2019. Vol. 12, No 23. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/23/4484/htm> (дата звернення 01.12.2021).
5. Curiale M. From smart grids to smart city. 2014 Saudi Arabia Smart Grid Conference (SASG). 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/SASG.2014.7274280>.
6. Про затвердження Кодексу системи передачі від 14 березня 2018 р. №309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text> (дата звернення 24.01.2022).
7. Cohen B. What exactly is a smart city? *Fast Company*. 2012. URL: <https://www.fastcompany.com/1680538/what-exactly-is-a-smart-city> (дата звернення 15.10.2021).

8. O'Leary M. Cities of the future: the importance of making the Twin Cities smart. MINNPOST. URL: <https://www.minnpost.com/community-voices/2017/04/cities-future-importance-making-twin-cities-smart/> (дата звернення 21.10.2021).
9. Czaja J. How to build a smart city. ITProPortal. URL: <https://www.itproportal.com/2016/07/09/how-to-build-a-smart-city/> (дата звернення 01.12.2021).
10. Caragliu A. Smart cities in Europe. Journal of Urban Technology. 2011. Vol. 18, No 2. Pp. 65—82. DOI: <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>.
11. Botelho B. Definition: big data. TechTarget. URL: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/big-data> (дата звернення 02.12.2021).
12. The five V's of big data. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. 2020. URL: <https://www.bbva.com/en/five-vs-big-data/> (дата звернення 04.12.2021).
13. Simic M., Vucetic M., Stankovic M. S. Big data and development of smart city. Conference: Sinteza 2019. 2019. Pp. 581—588. DOI: <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2019-581-588>
14. Assessment of demand response and advanced metering. Federal Energy Regulatory Commission. 2008. URL: <https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/12-08-demand-response.pdf> (дата звернення 06.12.2021).
15. Goldstein P. Smart grid technology and solutions for smart cities. StateTech. URL: <https://statetechmagazine.com/article/2020/09/smart-grid-technology-and-solutions-smart-cities-perfcon> (дата звернення 06.12.2021).
16. Allen M., Preis, A., Iqbal, M., Whittle, A.J. Case study: a smart water grid in Singapore. Water Practice & Technology. 2012. Vol. 7, № 4. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2012.089>.
17. Smart metering initiative. URL: https://itlaw.fandom.com/wiki/Smart_Metering_Initiative (дата звернення 12.12.2021).
18. Annual report. Office of the Auditor General of Ontario. 2014. URL: https://www.auditor.on.ca/en/content/annualreports/arreports/en14/2014AR_en_web.pdf (дата звернення 12.12.2021).
19. Ontario's power system. URL: <https://www.ieso.ca/en/Learn/Ontario-Power-System/A-Smarter-Grid> (дата звернення 05.12.2021).
20. Europe's smartest grid for renewable energy. URL: <https://investindk.com/set-up-a-business/cleantech/energy-storage-and-smart-grid> (дата звернення 20.11.2021).
21. Information and education of the future electricity consumers: experience from EcoGrid EU on Bornholm. URL: <http://www.eu-ecogrid.net/> (дата звернення 19.11.2021).
22. EcoGrid 2.0 Main results and findings. EcoGrid. 2019. URL: https://www.danskenergi.dk/sites/danskenergi.dk/files/media/dokumenter/2019-09/EcoGrid_MainResults_and_Findings.pdf (дата звернення 19.11.2021).
23. EcoGrid 2.0 demonstrates a market for flexible use of electricity in private homes. URL: http://www.ecogrid.dk/en/home_uk/#om2 (дата звернення 02.11.2021).
24. Kang T. South Korea's experience with smart infrastructure services. 2020. P. 36. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0002674>
25. Korea's smart grid roadmap 2030: laying the foundation for low carbon, green growth for 2030. URL: <https://www.greentechmedia.com/images/wysiwyg/News/SG-Road-Map.pdf> (дата звернення 23.11.2021).
26. South Korea: Jeju Island smart grid test-bed developing next generation utility networks. URL: https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2012/09/cl_jeju_09_121.pdf (дата звернення 20.10.2021).
27. ДТЕК Мережі у 2021 р. збільшать кількість "розумних" лічильників на 15% — до 820 тис. URL: <https://expro.com.ua/novini/dtek-merrej-u-2021r-zblshat-klkst-rozumnih-lichilnikv-na-15-do-820-tis> (дата звернення 12.12.2021).
28. Знайомтеся: "розумний лічильник". URL: <https://oe.if.ua/uk/articles/603e326adb9c425afe0312c4> (дата звернення 13.12.2021).
29. New York City Blackout of 2003. URL: <https://www.nytimes.com/topic/subject/new-york-city-blackout-of-2003> (дата звернення 01.01.2022).
30. Final report on the August 14, 2003 blackout in the United States and Canada: causes and recommendations. U.S.-Canada Power System Outage Task Force. 2018. URL: <https://www.energy.gov/sites/default/files/oeprod/DocumentsandMedia/BlackoutFinal-Web.pdf> (дата звернення 01.01.2022).
31. Dodge M., Kitchin R. The challenges of cybersecurity for smart cities. Creating Smart Cities. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4324/9781351182409-16>.
32. Inside the cunning, unprecedented hack of Ukraine's power grid. URL: <https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/> (дата звернення 29.12.21).
33. Johnson J. C. Cyberattacks on our energy infrastructure: the need for a national response to a national security threat. Atlantic Council. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/energysource/cyberattacks-on-our-energy-infrastructure/> (дата звернення 29.12.21).

References:

1. United Nations: Department of economic and social affairs (2018), "World urbanization prospects", available at: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (Accessed 20 September 2021).
2. United Nations Environment Programme (UNEP) (2020), "Cities and climate change", available at: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change> (Accessed 25 September 2021).
3. Business Wire (2020), "New IDC spending guide forecasts \$124 billion will be spent on smart cities initiatives in 2020", available at: <https://www.businesswire.com/news/home/20200210005215/en/New-IDC-Spending-Guide-Forecasts-124-Billion> (Accessed 01 December 2021).
4. Farmanbar, M. Parham, K. Arild, O. and Rong, C. (2019), "A widespread review of smart grids towards smart cities", Energies, [Online], vol. 12, available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/23/4484/htm> (Accessed 1 December 2021).

5. Curiale, M. (2014), "From smart grids to smart city", 2014 Saudi Arabia Smart Grid Conference (SASG), Jeddah, Saudi Arabia, pp. 1—9.
6. The National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities (2018), "About the approval of the Code of the transmission system", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text> (Accessed 24 January 2022).
7. Cohen, B. (2012), "What exactly is a smart city?", Fast Company, [Online], available at: <https://www.fastcompany.com/1680538/what-exactly-is-a-smart-city> (Accessed 15 October 2021).
8. O'Leary, M. (2017), "Cities of the future: the importance of making the Twin Cities smart", MINNPOST, [Online], available at: <https://www.minnpost.com/community-voices/2017/04/cities-future-importance-making-twin-cities-smart/> (Accessed 21 October 2021).
9. Czaja, J. (2016), "How to build a smart city", ITPortal, [Online], available at: <https://www.itportal.com/2016/07/09/how-to-build-a-smart-city/> (Accessed 01 January 2021).
10. Caragliu, A. (2011), "Smart cities in Europe", Journal of Urban Technology [Online], vol. 18, available at: https://www.researchgate.net/publication/46433693_Smart_Cities_in_Europe (Accessed 1 December 2021).
11. Botelho, B. (2018), "Definition: big data", TechTarget, [Online], available at: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/big-data> (Accessed 02 December 2021).
12. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) (2020), "The five V's of big data", available at: <https://www.bbva.com/en/five-vs-big-data/> (Accessed 04 December 2021).
13. Simic, M. Vucetic, M. and Stankovic, M. S. (2019), "Big data and development of smart city", Conference: Sinteza 2019, Singidunum University, Belgrade, Serbia, pp. 581—588. DOI: <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2019-581-588>
14. Federal Energy Regulatory Commission (2008), "Assessment of demand response and advanced metering", available at: <https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/12-08-demand-response.pdf> (Accessed 06 January 2021).
15. Goldstein, P. (2020), "Smart grid technology and solutions for smart cities", StateTech, [Online], available at: <https://statetechmagazine.com/article/2020/09/smart-grid-technology-and-solutions-smart-cities-perfcon> (Accessed 06 January 2021).
16. Allen, M. Preis, A. Iqbal, M. and Whittle, A.J. (2012), "Case study: a smart water grid in Singapore", Water Practice & Technology, vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2012.089>.
17. The IT Law Wiki (2012), "Smart metering initiative", available at: https://itlaw.fandom.com/wiki/Smart_Metering_Initiative (Accessed 12 December 2021).
18. Office of the Auditor General of Ontario, (2014), "Annual report", [Online], available at: https://www.auditor.on.ca/en/content/annualreports/arreports/en14/2014AR_en_web.pdf (Accessed 12 January 2021).
19. Independent Electricity System Operator (IESCO) (2017), "Ontario's power system", available at: <https://www.ieso.ca/en/Learn/Ontario-Power-System/A-Smarter-Grid> (Accessed 05 December 2021).
20. The Ministry of Foreign Affairs of Denmark. Invest in Denmark (2020), "Europe's smartest grid for renewable energy", available at: <https://investindk.com/set-up-a-business/cleantech/energy-storage-and-smart-grid> (Accessed 20 November 2021).
21. Eco Grid EU (2010), "Information and education of the future electricity consumers: experience from EcoGrid EU on Bornholm", available at: <http://www.eu-ecogrid.net/> (Accessed 19 November 2021).
22. EcoGrid, (2019), "EcoGrid 2.0 Main results and findings", available at: https://www.danskenergi.dk/sites/danskenergi.dk/files/media/dokumenter/2019-09/EcoGrid_MainResults_and_Findings.pdf (Accessed 19 November 2021).
23. EcoGrid (2017), "EcoGrid 2.0 demonstrates a market for flexible use of electricity in private homes", available at: http://www.ecogrid.dk/en/home_uk/#om2 (Accessed 02 November 2021).
24. Kang, T. (2020), "South Korea's experience with smart infrastructure services", available at: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/South-Koreas-Experience-with-Smart-Infrastructure-Services-Smart-Grids.pdf> (Accessed 01 January 2022).
25. Ministry of Knowledge Economy and Korea Smart Grid Institute (2010), "Korea's smart grid roadmap 2030: laying the foundation for low carbon, green growth for 2030", available at: <https://www.greentechmedia.com/images/wysiwyg/News/SG-Road-Map.pdf> (Accessed 23 November 2021).
26. Global System for Mobile Communications (GSMA) (2012), "South Korea: Jeju Island smart grid test-bed developing next generation utility networks", available at: https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2012/09/cl_jeju_09_121.pdf (Accessed 20 October 2021).
27. DTEK (2021), available at: <https://expro.com.ua/novini/dtek-mererj-u-2021r-zblshat-klkst-rozumnih-lchilnikv-na-15-do-820-tis> (Accessed 12 December 2022).
28. Prykarpattiaoblenerho (2021), "Meet: "smart meter", available at: <https://oe.if.ua/uk/articles/603e326adb9c425afe0312c4> (Accessed 13 December 2021).
29. The New York Times (2021), "New York City blackout of 2003", available at: <https://www.nytimes.com/topic/subject/new-york-city-blackout-of-2003> (Accessed 1 January 2022).
30. U.S.-Canada Power System Outage Task Force (2004), "Final report on the August 14, 2003 blackout in the United States and Canada: causes and recommendations", available at: <https://www.energy.gov/sites/default/files/oeprod/DocumentsandMedia/BlackoutFinal-Web.pdf> (Accessed 01 January 2022).
31. Dodge, M. and Kitchin, R. (2018), "The challenges of cybersecurity for smart cities", Creating Smart Cities. DOI: <http://dx.doi.org/10.4324/9781351182409-16>
32. Wired (2016), "Inside the cunning, unprecedented hack of Ukraine's power grid", available at: <https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/> (Accessed 29 December 21).
33. Johnson, J. C. (2021), "Cyberattacks on our energy infrastructure: the need for a national response to a national security threat", available at: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/energysource/cyberattacks-on-our-energy-infrastructure/> (Accessed 29 December 21).

Стаття надійшла до редакції 30.01.2022 р.