

Оксана Миколаївна Гаркушенко,*канд. екон. наук, старший науковий співробітник*E-mail: garkushenko.o.n@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-9153-3763>;**Марія Юрїївна Занїздра,***канд. екон. наук, старший науковий співробітник*

Інститут економіки промисловості НАН України

вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

E-mail: marin2015zzz@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-3528-0212>

«ЗЕЛЕНІ» ІКТ: ПОТЕНЦІАЛ І ПРІОРИТЕТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД¹

Цифровізація та екологізація виступають домінуючими глобальними трендами трансформації світової економіки, які значною мірою визначатимуть національну конкурентоспроможність у майбутньому. Використання енергозберігаючого та декарбонізаційного ефектів ІКТ набуває особливого значення в контексті їх упровадження у промисловості, яка має достатній потенціал для забезпечення глобальних якісних зрушень. Унаслідок цього постає питання визначення сумісності та взаємовпливу процесів цифровізації та сталого розвитку.

Запропоновано розширити типологізацію впливів ІКТ на навколишнє середовище, а також викладено авторське бачення "зелених" ІКТ, що враховує їх системний ефект із позицій суспільства загалом і підприємства, кінцевих споживачів зокрема, а також інкорпорує концепції "озеленення ІКТ" та "озеленення за допомогою ІКТ". На основі узагальнення зарубіжного досвіду екологізації ІКТ-індустрії та забезпечення сталого розвитку шляхом використання ІКТ у промисловості визначено потенційно перспективні сфери економічної діяльності для впровадження заходів щодо декарбонізації за рахунок ІКТ (будівельна, транспортна, енергетична і виробнича) та найбільш ефективні групи "зелених" смарт-технологій (смарт-енергомережі, смарт-будівлі, смарт-логістика, дематеріалізація тощо).

Встановлено, що визнаними лідерами у сфері впровадження ІКТ в Україні є такі види діяльності, як переробна промисловість та оптова і роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів, на які припадає половина попиту на ІКТ-продукти та послуги. Найбільш поширеними напрямками використання ІКТ є традиційні та маловитратні: користування електронною поштою, здійснення банківських операцій, моніторинг ринку товарів та послуг, обмін інформацією з органами державної влади. Більш прогресивні цифрові технології (електронна комерція, 3D-друк, аналіз "великих даних" та ін.), що потребують додаткового інвестування в розвиток інтелектуального капіталу, є менш розповсюдженими.

У результаті аналізу техногенного навантаження на довкілля встановлено такі позитивні тенденції: зростання масштабів використання "зеленої" енергії від відновлюваних джерел, скорочення енергоємності ВВП, дотримання допустимого рівня емісії парникових газів (порівняно із встановленими квотами та міжнародними зобов'язаннями України). Уже розроблено законодавчі ініціативи щодо формування екологічно лояльного інституціонального середовища у сфері поводження з відходами електричного й електронного обладнан-

¹ Стаття підготовлена в рамках виконання проєкту «Вплив цифровізації на забезпечення сталого розвитку в умовах глобальної нестабільності» (номер держреєстрації 0120U101825) цільової програми наукових досліджень НАН України «Соціально-економічний розвиток України в умовах глобальної нестабільності» (КПКВК 6541030).

ня. Однак масштаби позитивних якісних перетворень залишаються недостатніми для зміни статусу енергетичного сектору України з "вуглецевомісткого" на "екологічно чистий" (сталый). Скорочення емісії парникових газів зумовлене соціально-економічною кризою та не має підтверджених зв'язків із поширенням "зелених" ІКТ, прогрес щодо реалізації Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року є недостатнім, поточний стан існуючої інформаційної бази щодо поводження з електронними відходами залишається незадовільним. Вирішення цих проблем потребує більш чіткого нормативно-правового та організаційного забезпечення у сфері ІКТ та сталого розвитку в комплексі з прискоренням розвитку національної смарт-промисловості.

Ключові слова: цифровізація, "зелені" ІКТ, смарт-технології, енергоспоживання, викиди парникових газів, електронні відходи, сталий розвиток.

JEL: O14, O44, Q57

Стратегії екологізації та цифровізації економіки посідають чільні місця в рейтингу глобальних стратегічних цілей сталого розвитку провідних країн світу. Згідно з (Reimsbach-Kounatze, 2009; European Commission, 2020) індустрія інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та їх застосування в інших сферах діяльності, особливо у промисловості, мають значний потенціал для підвищення екологічної чистоти та ефективності економіки і суспільства загалом. У дослідженнях Global Enabling Sustainability Initiative¹ (Глобальна ініціатива щодо соціальної та екологічної відповідальності у сфері електронних комунікацій) (GeSI, 2020) також визначено ІКТ-індустрію ключовим гравцем у створенні високоінтелектуального низьковуглецевого суспільства.

За оцінками (European Commission, 2020), на частку сектору ІКТ припадає 5-9% глобального споживання електроенергії, понад 2% глобальних викидів парникових газів та, за умов збереження поточних тенденцій, до 2040 р. питома вага ІКТ у глобальних викидах може зрости до 14%. При цьому цільове використання ІКТ з метою декарбонізації світової економіки за прогнозами здатне забезпечити скорочення глобальної емісії CO₂ на 15%.

Ще на початку XXI ст. у 22 країнах ОЕСР було розроблено комплекс держав-

них програм і бізнес-ініціатив, пов'язаних із вирішенням екологічних проблем у сфері виробництва та використання ІКТ: зниження енергоспоживання і викидів парникових газів при використанні ІКТ, скорочення впливу утилізації матеріальних об'єктів, пов'язаних з ІКТ, на довкілля тощо (Reimsbach-Kounatze, 2009). Станом на 2020 р. цифрові технології, як і раніше, відіграють вирішальну роль у розвитку національних економік кліматично-нейтральним шляхом (European Commission, 2020). Зокрема, з цією метою серед стратегічних завдань "Європейської зеленої угоди" (*European Green Deal*) на період до 2050 р. визначено скорочення вуглецевого сліду сектору ІКТ шляхом упровадження смарт-будівель, смарт-енергетичних мереж, точного землеробства, смарт-транспорту, масивів "зелених" даних тощо. Отже, екологічно-пов'язані виклики і переваги розвитку ІКТ-сектору є актуальним напрямом досліджень останнього десятиліття.

В Україні перспективи екологічно-орієнтованого використання ІКТ є менш однозначними. Незважаючи на офіційне включення екологічного напрямку до стратегічних пріоритетів "Національної програми інформатизації України"² (Закон України, 1998, ст. 2), а також визначення

¹ Міжнародне стратегічне партнерство сектору ІКТ та організацій, які здійснюють розробку і просування технологій та методів, що сприяють економічній, екологічній і соціальній сталості, створено у 2001 р.

² "Національна програма інформатизації визначає стратегію вирішення проблеми забезпечення інформаційних потреб та інформаційної підтримки соціально-економічної, екологічної, науково-технічної, оборонної, національно-культурної та іншої діяльності у сферах загальнодержавного значення".

пріоритетною метою "підвищення ефективності вітчизняного виробництва на основі широкого використання інформаційних технологій" (Закон України, 1998, ст. 5), стратегічні цілі (на 2024 р.)¹ Міністерства та Комітету цифрової трансформації України не враховують декарбонізацію або екологізацію ІКТ-сфери або економіки України шляхом використання ІКТ.

За індексом розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ICT Development Index)² Україна посідає 79 місце з 176 можливих при величині індексу 5,62 бала, що відповідає рівню вище середнього за вибіркою³, тобто перевищує результати Китаю (5,60), Ірану (5,58), Венесуели (5,17), Мексики (5,16), Індії (3,03) та багатьох інших країн, що розвиваються (Рейтинг стран мира ..., 2017). Отже, потенційно ІКТ-сектор України має достатньо можливостей для подальшого розвитку галузі та використання її переваг у довгострокових стратегічних цілях підвищення конкурентоспроможності в рамках цифрової смарт-економіки, включаючи її екологізацію.

Таким чином, високі темпи поширення та окупності ІКТ, їх потенційна здатність як базових інновацій трансформувати домінуючий технологічний уклад і якісно

змінювати глобальний екологічний слід зумовлюють високий інтерес науковців до цього напрямку забезпечення сталого розвитку. Зокрема, у дослідженнях (Reimbsbach-Kounatze, 2009; Ahola, Ahlqvist, Ermes et al., 2010; Марфенина, Степанова, 2011; Servaes, 2012; Al-Zamil, Jilani Saudagar AK, 2018) розкрито потенційні можливості та ризики застосування ІКТ як інструменту і драйверу смарт-трансформацій відповідно до традиційних (високовуглецевих) та "зелених" (низьковуглецевих) сценаріїв еволюції глобальної економіки загалом. В аналітичних оглядах (GeSI. Smart 2020, 2008; GeSI. Smarter 2020, 2012) узагальнено стратегічні ініціативи щодо поліпшення екологічних показників, боротьби з глобальним потеплінням й удосконалення управління ресурсами за рахунок ІКТ-індустрії. Методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності впровадження та використання ІКТ за стадіями життєвого циклу продукту розроблено авторами (Andraea & Edler, 2015; Belkhir, Elmelig, 2018; Malmodin, Lunden, 2018 та ін.), а також (Волк, 2009). Детермінанти впровадження "зелених" ІКТ в організаціях, термінологічний апарат наведено в роботах (Radu, 2016; Гаркушенко, 2018). Узагальненню зарубіжного досвіду розвитку та вдосконалення ІКТ, їх значенню у формуванні "зеленої" економіки присвячено дослідження фахівців Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації (Паладченко, Кваша, Задорожня, 2014).

Однак безпосередня робота з оцінки можливостей ІКТ для вирішення завдань, пов'язаних зі зміною укладу спеціального природокористування в Україні, перебуває на початковому етапі⁴, а існуюча термінологія, яка характеризує ІКТ екологічної або природоохоронної спрямованості, відрізня-

¹ Законодавче забезпечення до 2024 р. 100% доступності публічних послуг громадянам та бізнесу онлайн; залучення 6 млн населення до програми розвитку цифрових навичок; законодавче забезпечення доступу до високошвидкісного інтернету 95% транспортної інфраструктури, населених пунктів та їх соціальних об'єктів; досягнення частки ІТ у ВВП країни до 10% (Міністерство та Комітет цифрової трансформації України, 2020).

² Методика розрахунку комбінованого показника, що характеризує досягнення країн світу з точки зору розвитку ІКТ, розроблена спеціалізованим підрозділом ООН, що визначає світові стандарти в області ІКТ, – Міжнародним союзом електрозв'язку (*International Telecommunication Union*).

³ Рейтинг складено за підсумками 2016 р. Максимальна оцінка – 8,98 бала (результат Ісландії); середнє арифметичне за вибіркою – 5,11 бала.

⁴ На законодавчому рівні (Закони України від 04.02.1998 р. № 74/98-ВР та від 28.02.2019 р. № 2697-VIII) визначено загальні положення упровадження новітніх засобів і форм комунікацій та ефективної інформаційної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

ється на предметному рівні як за видами секторів ІКТ, так і за цілепокладанням їх застосування.

Метою статті є термінологічне визначення "зелених" ІКТ, а також оцінка їх потенціалу для досягнення екологічних й економічних цілей на основі аналізу зарубіжного досвіду. Для цього передбачено:

проаналізувати існуючі формулювання та терміни щодо екологічно-орієнтованих ІКТ, надати пропозиції щодо визначення "зелених" ІКТ з урахуванням їх системного впливу на суспільство, підприємства та кінцевих споживачів;

узагальнити світовий досвід екологізації ІКТ-індустрії та забезпечення сталого розвитку шляхом використання ІКТ у промисловості;

оцінити поточну ситуацію щодо цифровізації та сталого розвитку в Україні, зокрема, масштаб упровадження цифрових технологій та якісну структуру ІКТ-сфери, а також рівень техногенного навантаження на довкілля, пов'язаний із виробництвом та частково зумовлений поширенням ІКТ (користування енергетичними ресурсами, емісія парникових газів, утворення електронних відходів).

Термінологія. У науковій та нормативній літературі використовується чимало споріднених термінів для ідентифікації ІКТ екологічної або природоохоронної спрямованості, у тому числі:

"зелені" ІКТ (*green ICT*, за аналогією із "зеленими" податками та інвестиціями), до яких зазвичай відносять технології та стратегічні й політичні рішення, спрямовані на забезпечення більш "розумних" (смарт) процесів сталого виробництва та споживання (Servaes, 2012), а також ефективно та сприятливе до навколишнього середовища (*environment friendly*) використання ІКТ-інфраструктури і пов'язаних продуктів через "озеленення" комп'ютерів (використання, утилізацію, проектування та виробництво) (Al-Zamil & Jilani Saudagar AK, 2018);

"зелені інформаційні технології" (*green IT*) – дослідження та практики про-

ектування, виробництва, використання та утилізації комп'ютерів, серверів й інших пов'язаних із ними систем і периферійного обладнання з мінімальним впливом на довкілля або взагалі без такого впливу (Laplante & Murugesan, 2011). Зазначена категорія враховує сектор ІКТ-послуг та продукцію, що ним виробляється, в рамках концепції "озеленення ІКТ" (*green in ICT, green of ICT*), яка спрямована на екологізацію етапів життєвого циклу продукції ІКТ-сектору та скорочення техногенного навантаження від підприємств цього сектору (Radu, 2016). При цьому поняття не охоплює сектор ІКТ-послуг (розроблення та використання програмного забезпечення);

"екологічно сталі ІКТ" – згідно з розумінням "сталого розвитку" (*sustainable development*) визначають оптимальне використання ІКТ для управління екологічною стійкістю суспільної діяльності: мінімізації антропогенного навантаження на довкілля та раціонального використання природних ресурсів (Ahola, Ahlqvist, Ermes, et al. 2010) тощо.

Розвиваючи висновки (Servaes, 2012) щодо типологізації впливів ІКТ¹ на довкілля, слід відзначити, що будь-які ІКТ здатні створювати позитивні та негативні ефекти на розмір екологічного сліду:

прямий позитивний вплив – так звана "дематеріалізація", тобто економія споживання матеріальних ресурсів підприємствами, організаціями та кінцевими споживачами, а отже, скорочення відходоутворення внаслідок цифровізації документообігу та друкованої продукції, бізнес-процесів, комерційних та адміністративних послуг;

прямий негативний вплив – споживання енергетичних та інших природних ресурсів (у тому числі невідновлюваних), утворення відходів (включаючи електронні) та емісії парникових газів ІКТ-індустрією та ІКТ-інфраструктурою підприємств

¹ За (Servaes, 2012) відрізняють три види впливу: "прямий", "ефект потенційних можливостей" і "системний".

та організацій (під час експлуатації речей та внаслідок їх зношення);

потенційний позитивний вплив – сприяння зменшенню енергоспоживання та ресурсовитрат в інших (не ІКТ) секторах промисловості внаслідок використання цифрових смарт-продуктів і технологій. Його одержання потребує докладання цілеспрямованих зусиль – урахування та практичного впровадження заходів щодо екологізації на стадіях проектування та експлуатації смарт-продуктів, пов'язаних із використанням ІКТ, а також при організації виробничих та бізнес-процесів¹;

системний позитивний поведінковий вплив – сприяння зміні патернів поведінки економічних агентів (населення, урядів, підприємств та організацій) на екологічно лояльну: не лише скорочення обсягів ресурсоспоживання та відходуутворення під час виробництва, але і відмова від конс'юмеризму (споживацького ставлення) до навколишнього природного середовища;

системний негативний поведінковий вплив – провокування психоневрологічних розладів у населення², формування системи цінностей і установок конс'юмеризму з метою отримання монополістичної квазі-ренти від прискореної зміни поколінь інновацій, шляхом агресивної реклами та навмисної технологічної несумісності програмного і технологічного забезпечення,

¹ У тому числі введення в ділову практику систем відеоконференцій замість особистих відвідувань, передбачення використання віддалених робочих місць, упровадження "розумних" систем управління пасажиропотоками, смарт-будівництво основних фондів тощо.

² Так звана "комп'ютерна залежність", або "залежність від гаджетів", супроводжується розвитком соціофобій, соціальної дезадаптації, падінням ділової активності та працездатності, викликає розсіювання уваги, що знижує продуктивність праці та підвищує ризики виникнення аварійних ситуацій на виробництві, а отже, потребує впровадження додаткових контролюючих заходів і санкцій, у тому числі на законодавчому рівні, що відволікає ресурси та збільшує транзакційні збитки.

виникнення нових форм недобросовісної конкуренції – "промислового шпигунства", "торговельних війн" конкуруючих технологічних укладів на міжнародному рівні тощо.

Виходячи з цього визначення "зелених" ІКТ має враховувати їх системний вплив за рівнями використання (а не лише функціональну спрямованість). Зокрема:

1) суспільство в цілому – "зелені" ІКТ як суспільне благо;

2) підприємства – "зелені" ІКТ на рівні підприємств;

3) населення – "зелені" ІКТ на рівні кінцевих споживачів.

Прикладами "зелених" ІКТ як суспільного блага є системи спостереження за сейсмічною та кліматичною активністю, системи моніторингу екосистем. Такі ІКТ є масштабними, а об'єкти моніторингу (стихійні явища, популяції живих організмів) – нерегулярними, проте із значним руйнівним потенціалом. Фінансування розробки та експлуатації ІКТ цього типу є економічно витратним і некупним для окремих підприємств, а тому потребує залучення інвестицій із місцевих і державних бюджетів або участі транснаціональних капіталів.

Упровадження та експлуатація "зелених" ІКТ на підприємствах може негативно позначитися на рівні одержуваного прибутку, що створює протилежні сигнали для їх інвестиційних пріоритетів. Зміна ситуації можлива в разі зовнішнього примусу керівництва підприємств до "зелених" нововведень: природоохоронна політика уряду, екологічна стандартизація життєвого циклу продукту як доступ до ринків, судові рішення за понадлімітну емісію забруднення, фундаментальна екологізація інституційного середовища тощо.

На збалансування парадигми сталого розвитку і прагнення підприємств максимізувати прибуток спрямована концепція "трьох ключових моментів" (*The triple bottom line – TBL*) із формулою "3Ps" (*People-Profit-Planet – Населення-Прибуток-Планета*), що відображають можливі сценарії

розвитку за рахунок відмови від одного з ключових елементів: зона сталого розвитку (*sustainable*); зона терпимого розвитку (*bearable*); зона справедливого розвитку (*equitable*); зона придатного для життя розвитку (*viable*) (Elkington, 2013). Концепція "трьох ключових моментів" і формула "3Ps" на практиці застосовуються переважно до діяльності корпорацій та підприємств, яким притаманні корпоративна соціальна відповідальність й екологічна свідомість. Проте в інституціональних умовах емерджентних країн і країн, що розвиваються, така мотивація є обмеженою.

"Зелені" ІКТ на рівні кінцевих споживачів (населення) пов'язані з розвитком Індустрії 4.0, електронної торгівлі й обумовлені зміною торгових звичок, мінімалізмом як драйвером інновацій, підвищенням ролі дозвілля в житті людини, новим видом споживчого руху та ін. Зокрема, 3D-друк надає споживачам можливість отримати товар не виходячи з дому, а заміна фізичної форми деяких товарів їх цифровими аналогами (наприклад, книги, музикальні та відеодиски) скорочує споживання природних ресурсів, емісію забруднення на їх виробництво та дистрибуцію традиційними засобами.

У статті (Гаркушенко, 2018) ІКТ визначено як сукупність методів і процесів виробництва інформації, її зберігання, обробки, передачі та сприйняття людиною або спеціальними пристроями, а також науковий опис таких методів і процесів.

На підставі цього визначення ІКТ, а також аналізу вищенаведених понять і видів впливу на розмір та структуру екологічного сліду пропонується використовувати термін "зелені" ІКТ як *сукупність таких інформаційно-комунікаційних технологій, на кожному етапі життєвого циклу яких дотримується принцип мінімізації негативного впливу на довкілля та які функціонально спрямовані на такий мінімальний вплив, а також комплекс пов'язаних із ними політичних рішень (стратегічних і тактичних), що забезпечують належні*

зв'язки між розвитком ІКТ, станом довкілля та охороною екосистем.

Відповідно, пов'язані із "зеленими" ІКТ обладнання, устаткування, установи з підготовки та перепідготовки персоналу для роботи з ними, правові норми можна виокремити з ІКТ-інфраструктури¹ в інфраструктуру "зелених" ІКТ. Втім з урахуванням того, як працюють ІКТ, на якому обладнанні, які навички вимагаються від персоналу, що розробляє та працює з ІКТ і цифровим обладнанням, таке виокремлення є досить умовним за виключенням більшого акценту на необхідності врахування природоохоронної складової.

Запропоноване визначення "зелених" ІКТ є узагальненням понять, викладених авторами (Laplante & Murugesan, 2011; Servaes, 2012), а також інкорпорує концепції "озеленення ІКТ" (*green of ICT, green in ICT*) та "озеленення за допомогою ІКТ" (*green by ICT*). Особливість і новизна цього терміна полягає в тому, що, на відміну від інших, у ньому враховано рівень використання саме "зелених" ІКТ, які мають системний вплив, виходячи з позицій суспільства загалом і підприємства, кінцевих споживачів зокрема.

Зарубіжний досвід. Визнання значного потенціалу ІКТ для підвищення економічної ефективності та зменшення карбонового сліду на початку ХХІ ст. привело до зростання урядових і бізнес-ініціатив у цій сфері (Reimsbach-Kounatze, 2009). Розподіл довгострокових (до 2020 р.) ініціатив щодо впровадження "зелених" ІКТ на загальнодержавному рівні за видами та напрямками впливу у країнах-членах ОЕСР наведено на рис. 1. Максимальна активність спостерігалась у сфері збільшення ефективності споживання енергії, запобігання глобальній зміні клімату, утилізації токсичних забруднень, перешкоджання виснаженню неенергетичних а також земельних ресурсів. Причому помітна перевага надавалася методам прямого впливу.

¹ Визначення ІКТ-інфраструктури також запропоновано в роботі (Гаркушенко, 2018).

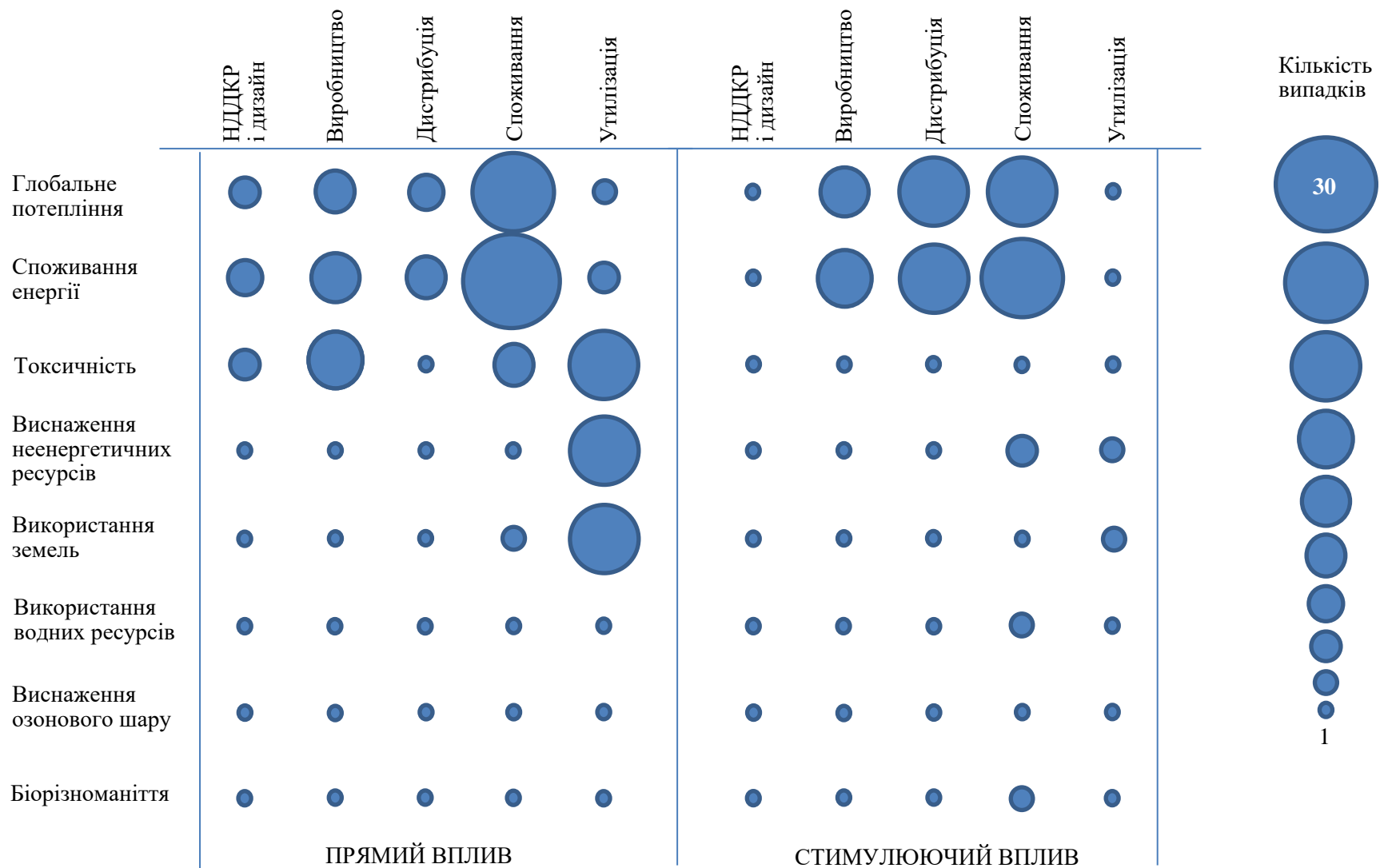


Рисунок 1 – Розподіл ініціатив щодо впровадження "зелених" ІКТ на загальнодержавному рівні (на період до 2020 р.)

Джерело: складено за (Reimsbach-Kounatze, 2009, с. 25).

Більшість урядових стратегій сталого розвитку та політичних програм щодо розвитку "зелених" ІКТ і скорочення техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок використання ІКТ продовжено на 2040-2050 рр. (Ferreboeuf, 2019; European Commission, 2020a). При цьому, при збереженні загального орієнтуру на декарбонізацію та скорочення енерговитрат від ІКТ-сектору, акцент в екологічному спрямуванні ІКТ зрушується до поширення екологічної інформації, розвитку "смарт-енергомереж" (включаючи "смарт-облік"), "смарт-будівель" і "смарт-транспорту".

Однак, незважаючи на актуальність досліджень щодо можливостей використання "зелених" ІКТ і загального впливу ІКТ на сталий розвиток, залишається певна методологічна невизначеність та тривають дискусії щодо оцінки поточних і прогнозування майбутніх обсягів енергоспоживання ІКТ-сектором, а також карбонового сліду від ІКТ.

В умовах відсутності уніфікованого підходу та необхідної статистичної інформації за репрезентативний період часу більшість дослідників пропонує власні методи розрахунку та підходи до прогнозування з різними рівнями спрямованості, складності та деталізації, на яких базуються кількісні оцінки поточного та прогнозного енергетичного і карбонового сліду ІКТ-індустрії.

Як зазначено в роботі (Belkhir, Elmeligi, 2018, с. 449), деякі з ранніх оцінок глобальних викидів CO₂ та енергоспоживання (Gartner, 2007; GeSI. Smart 2020, 2008) засновані на грубих, невизначених та застарілих даних, а отже, є недостатньо прозорими та достовірними, інші – більш ґрунтовні (Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010; Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013) – зосереджені на більш вузьких і специфічних завданнях, зокрема на загальному енергоспоживанні ІКТ.

Так, якщо розбіжності між сценаріями глобального енергоспоживання цифро-

вими технологіями за джерелами (Andraea & Edler, 2015; Ferreboeuf, 2019) за 2014-2020 рр. складають 1-2% загального світового енергоспоживання (рис. 2), то їх подальші прогнозні оцінки з кожним роком розходяться на все більші величини:

інтервал між "очікуваним" і "найгіршим" сценаріями за (Andraea & Edler, 2015) наприкінці (у прогнозному 2025 р.) досягає 4,5% загального світового енергоспоживання (підгрунтя прогнозу – фактичні дані до 2013 р.);

інтервал між "очікуваним" сценарієм за (Andraea & Edler, 2015) та "очікуваним" сценарієм за (Ferreboeuf, 2019), який спирається на більший вектор фактичних даних (2010-2017 рр.), становить 1,8%. При цьому скоригований прогноз (Ferreboeuf, 2019) демонструє вищий рівень енергоспоживання сферою ІКТ при збереженні поточних тенденцій.

Таким чином, у прогнозних розрахунках (Andraea & Edler, 2015) за "очікуваним" сценарієм недооцінюється енергоємність цифрових технологій, а за "найгіршим" – навпаки – переоцінюється. Тобто фактичний рівень енергоспоживання цифрових технологій у 2017 р. мав середнє значення між результатами за обома сценаріями.

Аналогічно, відмінності у методології та вибірках вихідних даних зумовлюють відмінності в результатах розрахунку карбонового сліду від ІКТ-сектору. При цьому, незважаючи на ці розбіжності, одержані оцінки є доволі близькими за значенням. Так, за прогнозними розрахунками у 2020 р. карбоновий слід ІКТ-індустрії становитиме від 1,1 до 1,4 млрд т CO₂-еквіваленту (табл. 1).

Зокрема, в рамках форсайт-дослідження GeSI (GeSI. SMART 2020, 2008), присвяченого сценарному моделюванню глобальної емісії парникових газів з урахуванням впливу ІКТ-сектору на підсумкову вуглецеву ємність, при збереженні існуючих тенденцій формування карбонового сліду прогнозувалося збільшення обсягу

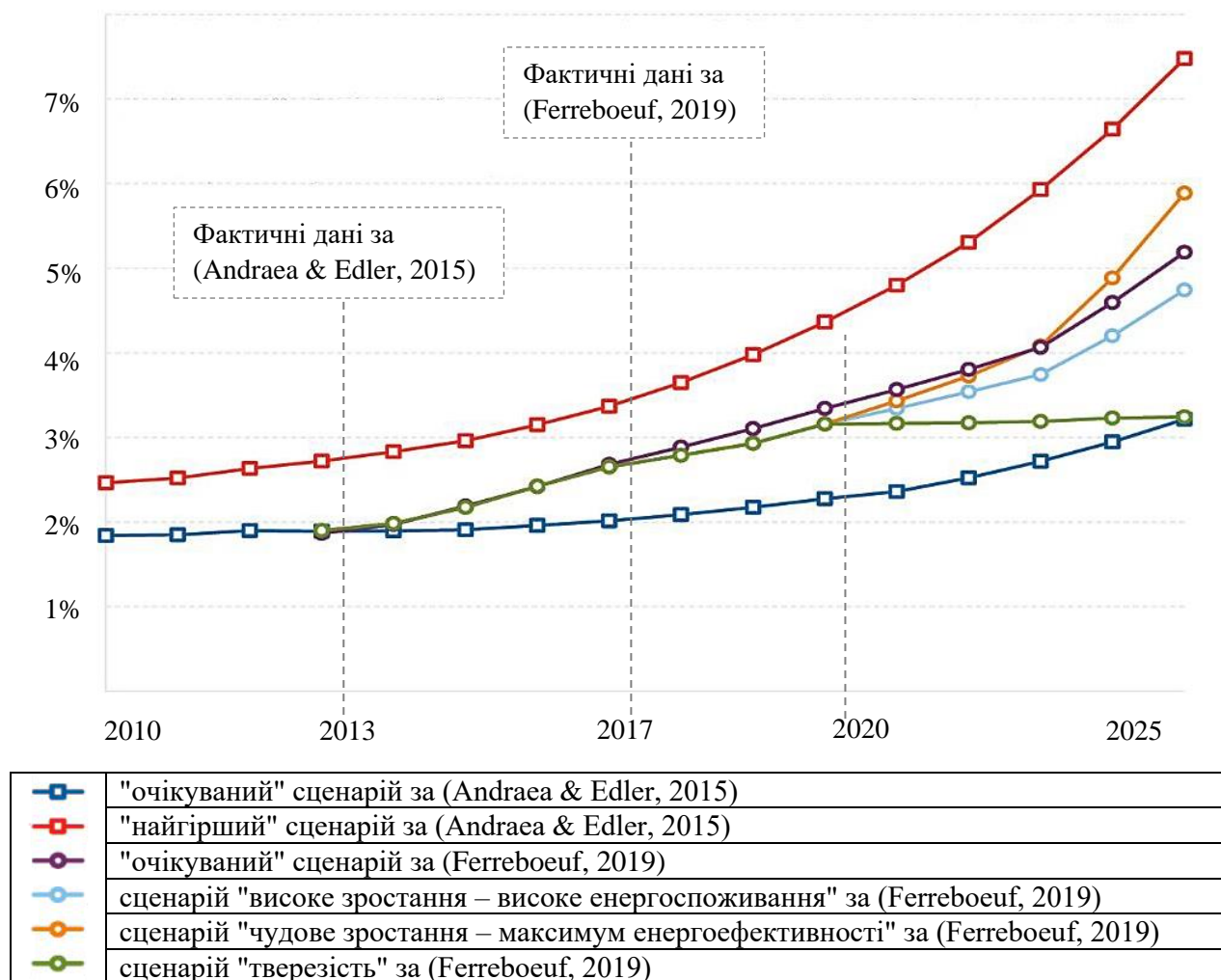


Рисунок 2 – Сценарії фактичного та прогнозного рівнів глобального енергоспоживання цифрових технологій у період з 2010 по 2025 р. як частка від загального світового енергоспоживання

Джерело: складено за (Ferrebouef, 2019).

викидів на 30% від глобальної економіки в цілому та 180% від – ІКТ-сектору (внаслідок зростання попиту на ІКТ-продукцію та послуги). При реалізації стратегії екологізації, тобто використання "зелених" ІКТ у рамках чотирьох напрямів економічної діяльності, передбачалося скорочення глобального карбонового сліду на 7,8 млрд т CO₂-еквіваленту, що в п'ять разів більше, ніж прогнозоване зростання власного сліду від ІКТ.

Потенційно перспективними сферами економічної діяльності для скорочення карбонового сліду за рахунок ІКТ визначено

будівельний (≈31%), транспортний (≈28%), енергетичний (≈27%) і виробничий (≈14%) сектори (рис. 3). Найбільш перспективними групами смарт-технологій в ІКТ-індустрії відповідно до результатів дослідження є: смарт-енергомережі (потенційне скорочення карбонового сліду складає 2,03 млрд т CO₂-еквіваленту); смарт-будівлі (1,68); смарт-логістика (1,52); дематеріалізація (0,82); смарт-мотори (0,68); оптимізація приватного транспорту (0,5); комбіновані енерго-теплові генератори (0,4); автоматизація виробництва (0,29); ефективний автотранспорт (електро- та смарт-мобілі) (0,16);

Таблиця 1 – Результати розрахунків карбонового сліду ІКТ-сектору за різними методами¹

Сценарій	(GeSI. SMART 2020, 2008)		(GeSI. Smarter 2020, 2012)			(Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010)	(Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013)		(Malmodin, Lunden, 2018)	(Andraea & Edler, 2015)			(Belkhir, Elmeligi, 2018)**		
	Базовий *	Упровадження "зелених" ІКТ	Базовий *	Упровадження "зелених" ІКТ		Базовий *						Базовий *	Найкращий	Базовий *	Мінімального впливу
Рік прогнозування	2020		2015	2020		2007	2010	2020	2015***		2030			2020	
Прогнозований обсяг емісії, млрд т CO ₂ -еквіваленту	1,4	-7,8	0,73	1,1	-9,1	0,62	0,72	1,1	0,73		3,4	1,2	13,8	1,11	1,31

¹ Складено за даними (SMART 2020, 2008, с. 17; Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010; GeSI. Smarter 2020, 2012; Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013; Andraea & Edler, 2015; Belkhir, Elmeligi, 2018; Malmodin, Lunden, 2018).

* Базовий сценарій передбачає збереження поточних тенденцій.

** Розходження в оцінках "мінімального" та "максимального" впливу зумовлене тривалістю використання обладнання.

*** Дослідження не мало на меті прогнозування на 2020 р.

моніторинг транспортних потоків, планування та симуляція (0,1 млрд т CO₂-еквіваленту).

При цьому в наступному дослідженні GeSI (GeSI. Smarter 2020, 2012, с. 9) за скоригованими розрахунками визначено прогнозний обсяг карбонового сліду від ІКТ у 2020 р. на рівні 1,1 млрд т CO₂-еквіваленту. Його автори продовжують наполягати на тому, що "рішення на базі ІКТ дозволяють скоротити викиди парникових газів на 9,1 млрд т CO₂-еквіваленту, що відповідає 16,5% від прогнозованого загального обсягу емісії від усіх секторів у цьому році, створити 29,5 млн робочих місць і заощадити 1,9 трлн дол. США".

Тобто якщо прогнозований рівень емісії скоротився на 0,3 млрд т CO₂-еквіваленту, то потенційний екологічний ефект від "зелених" ІКТ збільшений на

1,3 млрд т CO₂-еквіваленту та перевищує власний карбоновий слід ІКТ у 7 разів (рис. 4). Зокрема, відбулися зміни в оцінках найбільш перспективних видів економічної діяльності. На перші місця висунуто енергетику (≈22%) і транспорт (≈21%) (рис. 5). Загальний перелік перспективних секторів доповнено сільським господарством (17,6%), внесок виробничого сектору оцінено у 14,3%.

У дослідженнях (Malmodin et al., 2010, 2013, 2018) вплив сектору ІКТ оцінюється через сумарний вплив мобільних і фіксованих телекомунікаційних мереж, корпоративних мереж передачі даних, транспортних мереж передачі даних, центрів обробки даних і всього призначеного для користувача обладнання, підключеного до цих мереж, такого як телефони, ПК і модеми.

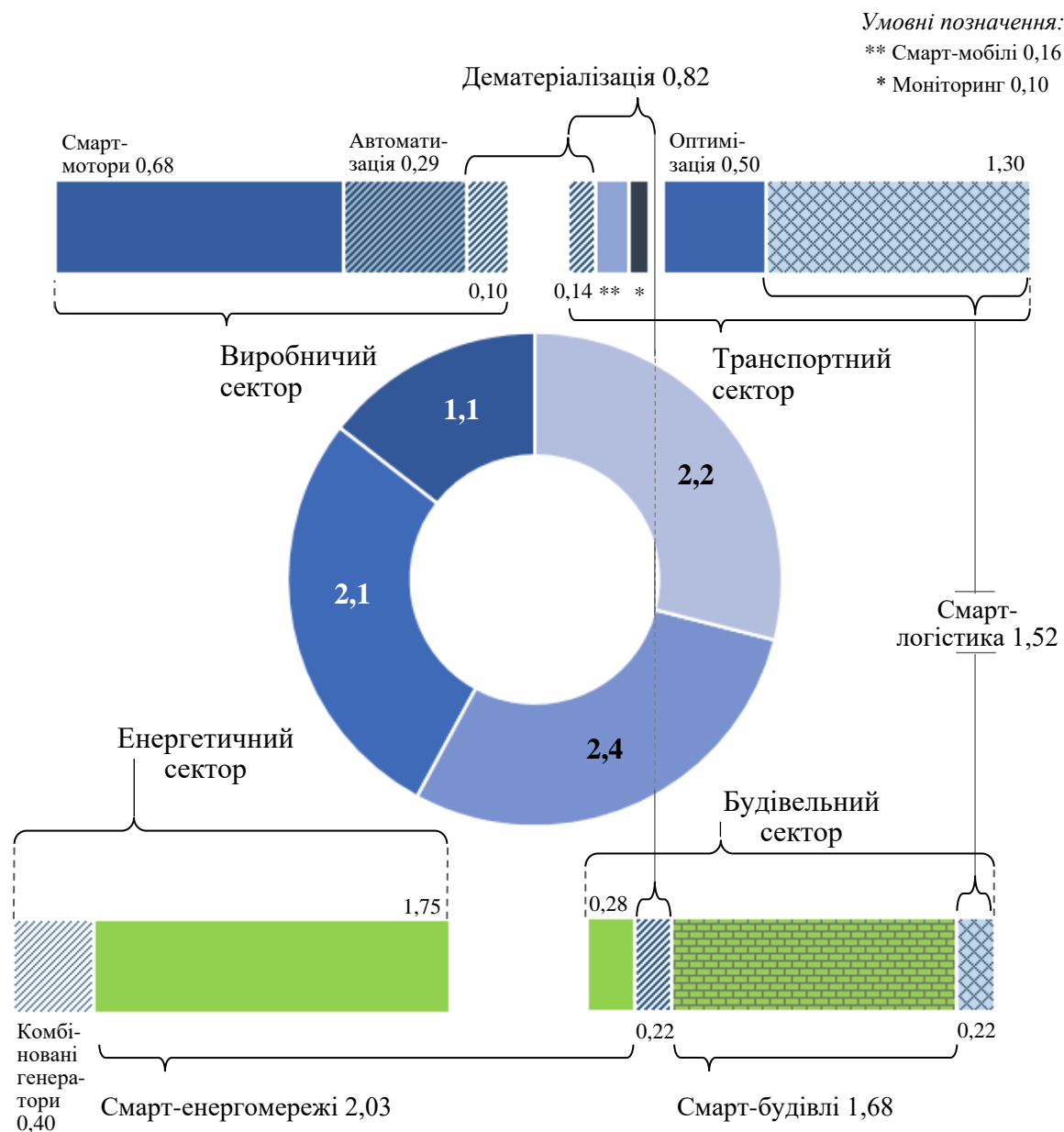


Рисунок 3 – Прогнозоване скорочення викидів (млрд т CO₂-еквіваленту) відповідно до сценарію "2020-екологічний" за рахунок ІКТ за секторами економічної діяльності та типами технологій

Джерело: складено за (GeSI. SMART 2020, 2008, с. 30).

Отже, карбоновий слід сектору ІКТ здебільшого інтерпретується як сума слідів усіх окремих пристроїв ІКТ і мережевих продуктів на всіх етапах їх життєвого циклу, а також включає накладні витрати, такі як діяльність операторів, необхідна для управління мережами (офісів, магазинів,

службових транспортних засобів та ін.). При цьому внаслідок специфіки продуктів ІКТ їх карбоновий слід зазвичай надає лише обмежену інформацію і не може охопити всього спектру різних способів використання, динамічності та складності ланцюжків поставок.

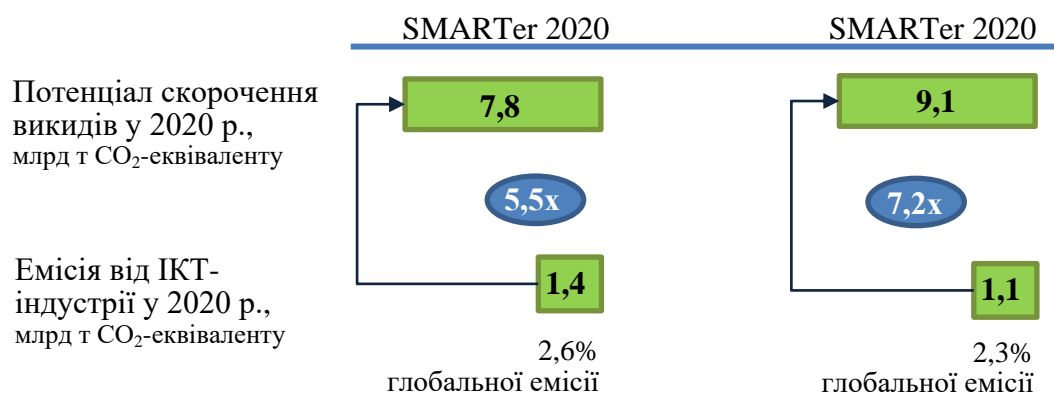
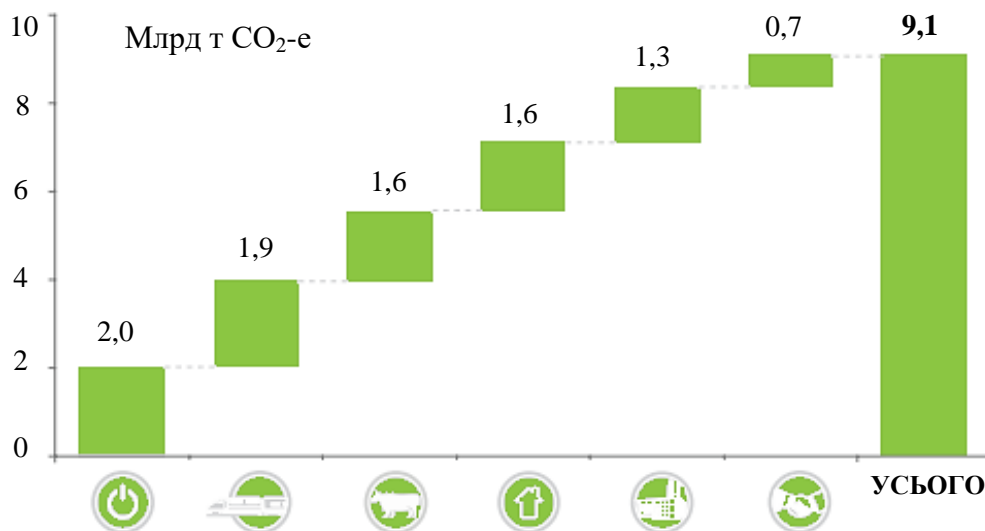


Рисунок 4 – Скоригований прогноз карбонового сліду (млрд т CO₂-еквіваленту) від ІКТ-сектору та потенціал його скорочення на 2020 р.

Джерело: складено за (GeSI. Smarter 2020, 2012, с. 11).



Умовні позначення:



Рисунок 5 – Потенційне скорочення викидів (млрд т CO₂-еквіваленту) за рахунок ІКТ за секторами економічної діяльності: прогноз на 2020 р.

Джерело: складено за (GeSI. Smarter 2020, 2012, с. 10).

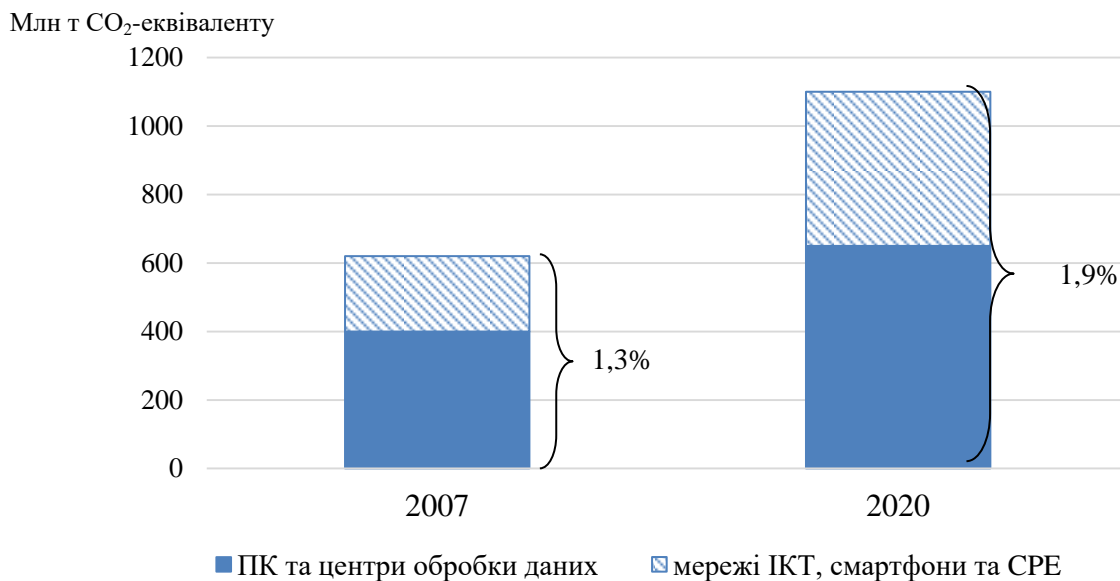
Для одержання репрезентативних середніх значень для кожної категорії продукції та виявлення довгострокових тенденцій на різних етапах життєвого циклу об-

кції та виявлення довгострокових тенденцій на різних етапах життєвого циклу об-

раної номенклатури ІКТ-продуктів використано різні підходи збору даних – від прямих вимірювань та спостережень у реальному часі до користування відомостями з довідників. На етапі виробництва ІКТ (у тому числі будівництва і виробничої діяльності) проаналізовано та порівняно значну кількість LCA. На етапі використання ІКТ користувачами головним джерелом даних були унікальні вимірювання електронних пристроїв реальних домогосподарств протягом року. На етапі експлуатації мереж використано прямі вимірювання операторів і постачальників послуг, а також дані корпоративної звітності тощо. Іншою важливою особливістю дослідження є прогнозування типу та кількості пристроїв, пов'язаних з ІКТ-сектором, у період до 2020 р. методом екстраполяції фактичних тенденцій 2007 р. Джерелом даних стали:

дослідження ринку великих галузевих аналітиків і прогнози майбутнього ринку, у тому числі *International Data Corporation* (ПК, сервери) (IDC PC sales and forecast, 2010) і *Display Search* (телевізори, монітори) (Display Search, 2010); прогнози *International Telecommunication Union* (інформація про підписку) (International Telecommunication Union, 2011), дослідницький проєкт ЄС *EARTH* (карбоновий слід мобільного підсектору) (INFSO-ICT-247733 EARTH (EU project). 2011), візуальний мережевий індекс Cisco (Cisco. 2011) та ін.

Глобальний карбоновий слід сектору ІКТ в еталонному дослідженні (Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010) у 2007 р. оцінювався в 620 млн т CO₂-еквіваленту, або близько 1,3% від загального глобального карбонового сліду (47 млн т CO₂-еквіваленту) (рис. 6).



CPE (*Customer Premises Equipment*) – обладнання приміщень замовника.

Рисунок 6 – Загальний карбоновий слід сектору ІКТ у 2007 р. (результати еталонного дослідження) і прогнозований вплив на 2020 р.

Джерело: складено за (Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013).

Прогнозні розрахунки для сектору ІКТ за (Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013) свідчать, що карбоновий слід збільшується близько 4% на рік, тобто з 2007 по 2020 р.

зріс приблизно на 70%, склавши в цілому близько 1100 млн т CO₂-еквіваленту. Також очікується, що цей показник відповідатиме 1,9% глобальних викидів CO₂.

Таким чином, порівняно з результатами дослідження (Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010) у прогнозі GeSI Smart 2020 карбоновий слід для сектора ІКТ оцінено на 34% вище (як 830 млн т CO₂-еквіваленту). Це пов'язано з розбіжностями в ідентифікації складу ІКТ-сектору¹ та застарілими даними відносно оцінки емісії CO₂ від мобільних мереж, що призвело до переоцінки їх впливу (Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013). За даними GeSI викиди підсектору мобільного зв'язку становили 245 млн т CO₂-еквіваленту в 2007 р., що приблизно на 100 млн т CO₂-еквіваленту вище відповідного показника, одержаного у (Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010). У дослідженні (Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013) зазначено, що передбачуваний вуглецевий слід від персональних комп'ютерів у 2020 р. був вище, у тому числі через використання старих даних про настільні ПК як основи для екстраполяції. Ці відмінності разом пояснюють, чому в Smart 2020 надано вищі оцінки карбонового сліду від ІКТ на 2020 р.

Дослідницькі методики розрахунку карбонового сліду від ІКТ (Malmodin, Lunden, 2018²; Belkhir, Elmelig, 2018) кореспондуються між собою детальним урахуванням кількісної та якісної структури ІКТ-індустрії з урахуванням життєвого циклу продуктів.

Відповідно до (Belkhir, Elmelig, 2018, с. 450) ІКТ-індустрія складається з двох основних категорій електронного обладнання:

електронні пристрої – персональні комп'ютери, включаючи настільні ПК і но-

¹ Так, у (Malmodin, Moberg, Lunden, et al., 2010) вплив принтерів віднесено до сектору "Розваги та медіа".

² Дослідження 2018 р. не містить прогнозних розрахунків на майбутні роки, обмежуючись періодом 2010-2015 рр., проте пропонує порівняльний аналіз карбонового сліду від ІКТ-сектору, сектору розваг та засобів масової інформації (який винесено за межі ІКТ-індустрії), а також паперових носіїв.

утбуки, електронно-променеві та рідкокристалічні дисплеї, портативні пристрої, такі як планшети і смартфони;

інфраструктурні об'єкти – центри обробки даних, що містять сервери, мережеве обладнання, силове й охолоджуюче обладнання та комунікаційні мережі, у тому числі обладнання доступу до приміщень клієнтів, офісні мережі та мережі операторів зв'язку.

Для визначення карбонового сліду від ІКТ враховано такі ключові показники, що характеризують розвиток ІКТ-сфери:

1) виробнича енергія, що передбачає врахування повного переліку задіяних матеріалів і процесів упродовж життєвого циклу – від вилучення матеріалів до відвантаження продукції кінцевим споживачем. Із зростанням ефективності виробничих процесів, у тому числі внаслідок використання ІКТ, очікується зниження рівня виробничої енергії комп'ютерних пристроїв, хоча це буде частково компенсоване постійним зростанням потужності мікропроцесорів комп'ютерів і збільшенням обсягів пам'яті;

2) термін корисного використання компонента, включаючи будь-яке вторинне використання, до його повної відмови;

3) фаза використання енергії, яка представляє середньорічне споживання енергії від експлуатації;

4) активна встановлена база, яка містить глобальну кількість використовуваних пристроїв (фактичну та прогнозовану) з 2007 по 2020 р., а також дані про щорічні глобальні поставки цих пристроїв (фактичні та прогнозовані) з 2007 по 2020 р.

Даний підхід потребує формування значної інформаційної бази даних про кожен з основних пристроїв з метою оцінки річного обсягу його життєвого циклу, а також відповідну визначеному життєвому циклу глобальну кількість одиниць, використовуваних протягом достатньої кількості років для забезпечення надійності прогнозу. Крім трудоемності процесу форму-

вання релевантної бази даних, унаслідок значних розбіжностей в інтерпретації структури, повноти, а також чутливості й послідовності дослідження життєвого циклу виникає ризик високої волатильності результатів розрахунків.

Отже, з одного боку, підхід, запропонований у (Belkhir, Elmeligi, 2018), відрізняється методологічною складністю, з іншого – прогноз карбонового сліду від ІКТ до 2040 р. побудовано за методами експоненціальної та лінійної екстраполяції, які не характеризуються високим ступенем достовірності. Зокрема, не враховано вплив явищ "чорного лебедя" – важкопрогнозованих та рідкісних подій, які мають значні наслідки. Так, у результаті глобальної пандемії коронавірусної інфекції COVID-19 різке скорочення глобальної економічної активності та мобільності в першому кварталі 2020 р. призвело до непрогнозованого зниження світового попиту на енергоносії на 3,8%, або на 150 млн т у нафтовому еквіваленті, порівняно з першим кварталом 2019 р. (Global energy and CO₂ emissions in 2020). Відповідно, суттєво скоротився глобальний карбоновий слід – викиди CO₂ в I кварталі 2020 р. впали на 5%¹ порівняно з показником за I квартал 2019 р., головним чином через зниження обсягів споживання вуглецевмістких видів енергоресурсів: вугілля – на 8%, нафти – на 4,5 і природного газу – на 2,3%.

Проте в цілому результати (Belkhir, Elmeligi, 2018), наведені на рис. 7 та 8, узгоджуються з результатами прогнозу (Malmodin et al., 2010; Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013) на 2020 р. Прогноз карбонового сліду від ІКТ за (Belkhir, Elmeligi, 2018) перевищує оцінку (Malmodin, Bergmark, Lunden, 2013) внаслідок того, що в останньому дослідженні значною мірою

¹ Викиди CO₂ найбільше скоротилися в регіонах, які постраждали від найперших і найбільших наслідків COVID-19: Китай (-8%), ЄС (-8%) і США (-9%), причому більш м'які погодні умови також суттєво вплинули на зниження обсягу викидів у США.

недооцінено внесок виробничої енергії деяких ключових пристроїв. Крім того, оцінки (Belkhir, Elmeligi, 2018) перебувають між найкращим випадком і очікуваними сценаріями (Andraea & Edler, 2015), що також узгоджується із завищеною оцінкою в даній статті внеску дротових мереж фіксованого доступу.

Загальний прогнозований внесок ІКТ у глобальний карбоновий слід поступово зростає (у відсотковому вимірюванні за сценарієм мінімального впливу – до 3,06% і максимального впливу – до 3,6% від загального обсягу глобальних викидів парникових газів у 2020 р.).

Цифровізація промислового сектору України. За даними Державної служби статистики України (Державна служба статистики України, 2020а) у 2017-2019 рр. кількість підприємств, які використовували комп'ютери, склала понад 40 тис. і зберігає тенденцію до збільшення (рис. 9). За 2018-2019 рр. зростання складає десяті частки відсотка та на 9% перевищує показник 2017 р. Понад 98% загальної кількості підприємств, що взяли участь в обстеженні, (понад 43,7 тис.) мали доступ до мережі Інтернет. Середня кількість працівників, які використовували комп'ютери з доступом до мережі Інтернет, у 2019 р. склала 28,4% від загальної кількості найманих працівників підприємств.

За видами економічної діяльності у сфері використання ІКТ переважають такі як переробна промисловість, оптова та роздрібна торгівля, а також ремонт автотранспортних засобів, – на них припадає по 25% загального обсягу випадків. Третє місце (10-11% у 2017-2019 рр.) посідає "будівництво". При цьому на сфері, які безпосередньо пов'язані з ІКТ (транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність; інформація та телекомунікації; діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування), припадає лише 8; 4 та 7% відповідно (співвідношення зберігається за 2017-2019 рр.).



Рисунок 7 – Внесок основних категорій ІКТ у загальне утворення карбонового сліду від ІКТ (фактичний – у 2010 р.; прогнозний – у 2020 р.)

Джерело: складено за (Belkhir, Elmeligi, 2018, с. 457).

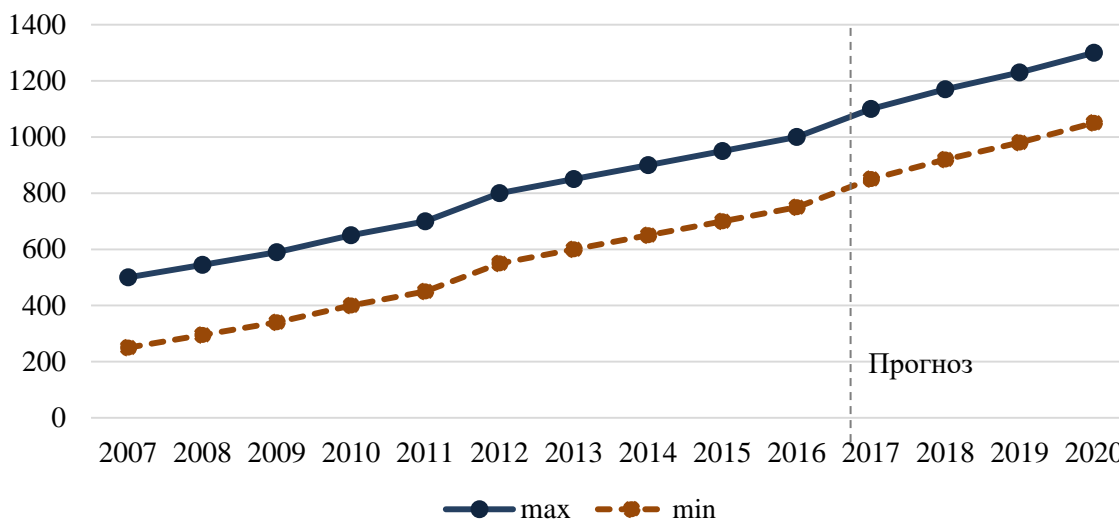
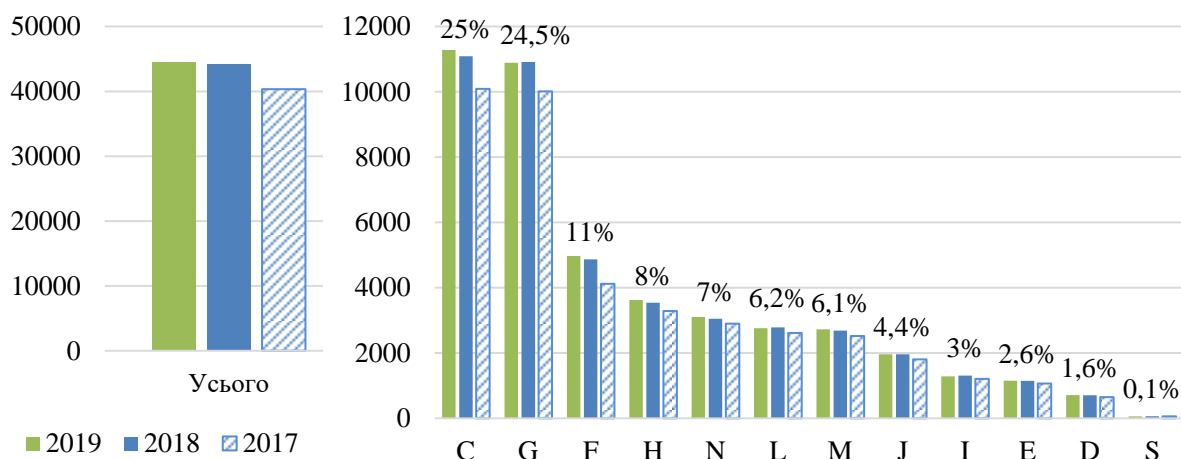


Рисунок 8 – Сценарії утворення карбонового сліду від ІКТ-сектору (фактичний – у 2017 р., прогнозний – у 2020 р.)

Джерело: складено за (Belkhir, Elmeligi, 2018, с. 457).

За видами економічної діяльності "постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря", "водопостачання; каналізація, поводження з відходами" рівень використання ІКТ становить лише 2 та 3% відповідно. Отже, екологічна спрямованість ІКТ в Україні за векторами енергозбереження, ресурсоспоживання та скорочення техногенного навантаження розвинута недостатньо.

Найбільш поширеними напрямками використання ІКТ на підприємствах України є використання мережі Інтернет (рис. 10) для надсилання чи отримання повідомлень електронною поштою (85,4% загальної кількості підприємств), здійснення банківських операцій (84,3%) та користування іншими фінансовими послугами (35,8%), одержання інформації про товари та послуги (77,1%), інформації від органів



Умовні позначення:

Вид економічної діяльності	Код за КВЕД-2010	Підприємства, що мали доступ до мережі Інтернет, %
Переробна промисловість	C	98,1
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів	G	98,1
Будівництво	F	98,6
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	H	98,2
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	N	97,7
Операції з нерухомим майном	L	96,9
Професійна, наукова та технічна діяльність	M	97,0
Інформація та телекомунікації	J	98,1
Тимчасове розміщення й організація харчування	I	99,3
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	E	97,5
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	D	98,5
Надання інших видів послуг	S	99,3

Рисунок 9 – Структура використання ІКТ за видами економічної діяльності в Україні

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020а).

державної влади (70,4%) та здійснення інших операцій з органами державної влади (46,1%), користування миттєвим обміном повідомленнями та електронною дошкою оголошень (42,7%), здійснення телефонних дзвінків за допомогою Інтернет/VoIP-зв'язку або відеоконференцій (28,5%).

Інтенсивність закупівлі товарів або послуг через мережу Інтернет (за винятком замовлень, надісланих електронною поштою) у 2019 р. зросла на 6% порівняно і попереднім роком і становила 20% від загальної кількості підприємств. Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг),



Рисунок 10 – Основні напрями застосування ІКТ на підприємствах в Україні

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020а).

отриманий від торгівлі через вебсайти або прикладні програми (застосунки) у 2019 р. становив 292,7 млрд грн, або 4,5% до загального обсягу реалізованої продукції підприємств та на 22% більше, ніж у 2018 р.

Кількість українських підприємств, які здійснювали 3D-друк за допомогою власних 3D-принтерів (включаючи орендовані), у 2019 р. зросла до 772 (на 22% порівняно з 2018 р.), що становить 1,5% до загальної кількості підприємств. Кількість підприємств, які користувалися послугами 3D-друку інших підприємств, зросла до 669 (збільшення на 19%; 1,4% від загальної кількості). Близько 39% активності за цим напрямом належить до переробної галузі, 15% – до торговельної, 11 % – до будівельної. Із них кількість підприємств, що використовували 3D-принтери для друку у 2019 р., прототипів або моделей для продажу, становить 405 (0,8% до загальної кількості підприємств), а для власного використання – 705 (1,4%); інших товарів для продажу – 279 (0,6%), для використання у виробничому процесі підприємства – 548 од. (1,1%).

Аналіз "великих даних" у 2018-2019 рр. самостійно здійснювали ≈10% за-

гальної кількості підприємств, послугами зовнішніх постачальників користувалося 4%. За джерелами даних відокремлюють: власні дані, отримані зі смарт-пристроїв або датчиків, – 5,7% загальної кількості підприємств станом на 2019 р.; геолокаційні дані, отримані з портативних пристроїв, – 3,7; дані, сформовані із соціальних медіа – 3,3; з інших джерел – 5,6%. У сфері використання власних даних, отриманих із використанням смарт-пристроїв або датчиків, а також геолокаційних даних лідирують підприємства переробної промисловості, оптової та роздрібною торгівлі – по 24% вибірки; транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність – 10; будівництво – 9,7%. За інтенсивністю використання даних соціальних медіа перше місце посідає торгівля (25,6%), далі – переробна промисловість (21,4%), будівництво (8,4%), професійна, наукова та технічна діяльність (7%).

Щодо використання ІКТ природоохоронної спрямованості, або "зелених" ІКТ, то офіційні джерела статистичної інформації у відкритому доступі відсутні.

Екологічні виклики промислового сектору України, каузально пов'язані з цифровізацією. Як зазначено вище, серед прямих екологічних наслідків цифровізації та автоматизації промисловості, у тому числі в результаті розвитку ІКТ-сектору, переважають зростання споживання енергетичних ресурсів, емісії парникових газів та утворення електронних відходів.

У контексті декарбонізації енергетичного сектору ситуація є помірно опти-

містичною. Як продемонстровано на рис. 11, обсяги загального постачання первинної енергії та енергоємність ВВП¹ України за останнє десятиліття відносно стабільно скорочуються (за винятком 2010 р.). При цьому слід відзначити, що темпи зменшення енергопостачання та енергоємності збігаються лише у 2012-2013 рр. Здебільшого (2008, 2010, 2011, 2016-2018 рр.) темпи скорочення енергопостачання перевищують темпи скорочення енергоємності.

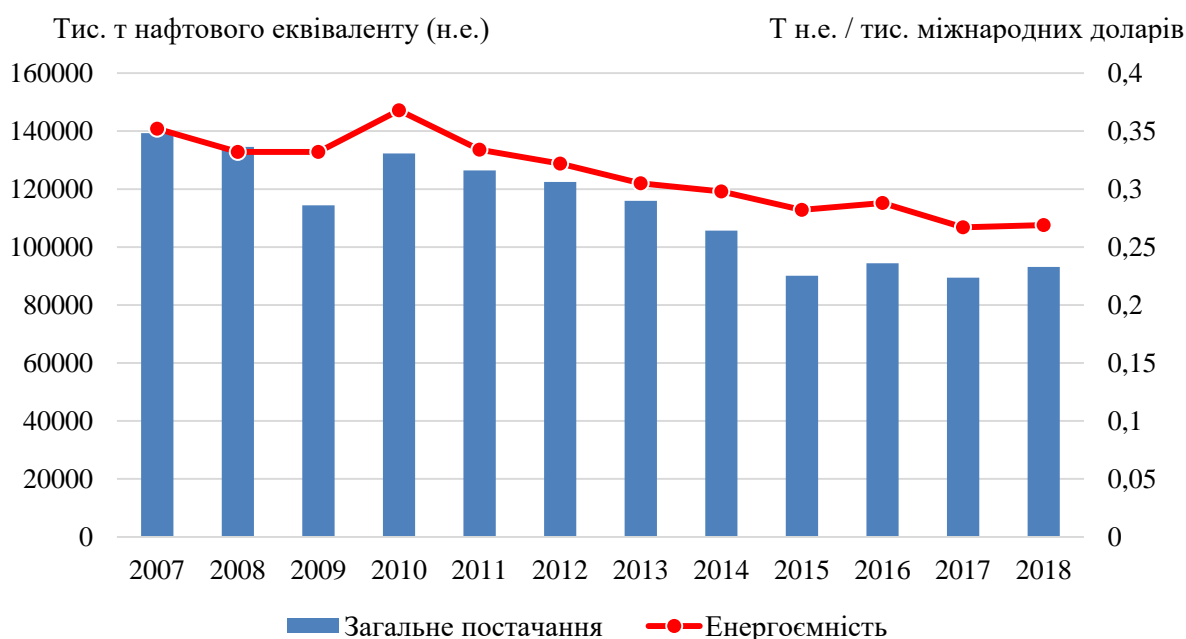


Рисунок 11 – Динаміка загального постачання первинної енергії

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020b).

Також з 2015 р. спостерігається стійка тенденція до зростання обсягів первинного постачання енергії від відновлюваних джерел (рис. 12). Проте загальна частка "зеленої" енергії в загальному обсязі виробленої залишається незначною², а отже, недостатньою в контексті забезпечення "екологічної чистоти" енергетичної галузі.

Станом на 2018 р. якісний склад енергопостачання від відновлюваних джерел на 74,5% становила енергія біопалива та відходів (Державна служба статистики України, 2020b). Питома вага гідроенергетики складала 20,9%, вітрової та сонячної

енергії – 4,6%. При цьому, якщо в гідроенергетичній галузі спостерігалось чергування підйомів і спадів, але в цілому за розглянутий період(2007-2018 рр.) вона залишилася на однаковому рівні, то обсяги використання біопалива та відходів збільшилися удвічі, а частка вітрової та сонячної енергії – у десятки разів (рис. 13).

¹ За паритетом купівельної спроможності 2011 р.

² Максимальний результат становив 4,6% (2018 р.)



Рисунок 12 – Динаміка постачання первинної енергії від відновлюваних джерел

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020b).

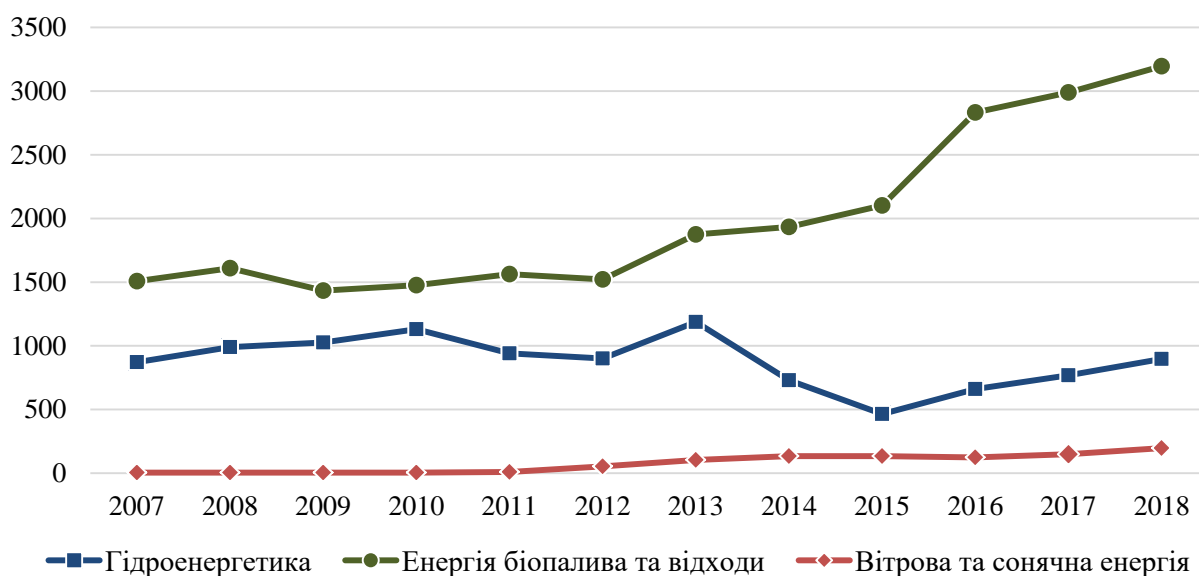


Рисунок 13 – Постачання первинної енергії від відновлюваних джерел за якісним складом, тис. т н.е.

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020b).

Кінцеве споживання за розглянутий період скоротилося на 40% (у 2018 р. порівняно з 2007 р.), а енергоємність кінцевого споживання – майже на 32% (рис. 14).

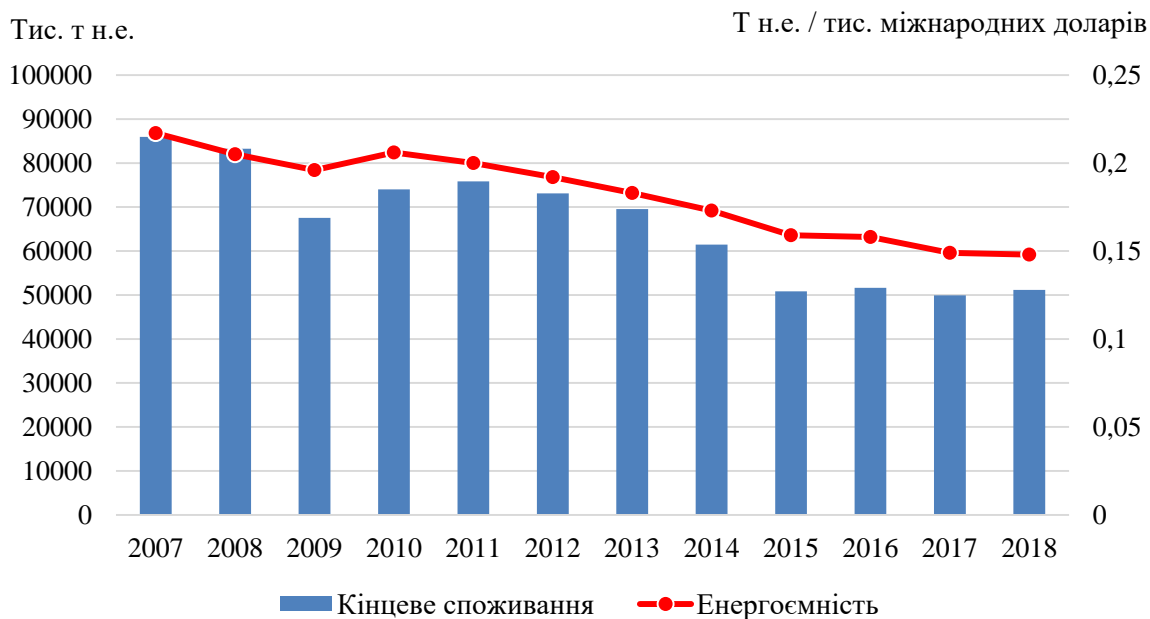


Рисунок 14 – Динаміка кінцевого споживання енергії

Джерело: складено за даними (Державна служба статистики України, 2020b).

Витрати енергії при транспортуванні та розподіленні становлять менше 4% загального постачання, що свідчить про високу ефективність логістичної інфраструктури.

Отже, незважаючи на відсутність статистичної інформації про безпосередній вплив ІКТ на динаміку постачання первинної енергії та кінцевого споживання, в енергетичній галузі загалом спостерігаються позитивні якісні зрушення в бік її поступової декарбонізації та переходу до принципів сталого розвитку. Хоча, як зазначено вище, загальна величина позитивного впливу залишається незначною. Відповідно до енергетичного балансу 2018 р. 37% виробленої енергії становить атомна електроенергія, 27% – енергія, отримана від спалювання природного газу, та 23% – вугілля і торфу. За складом імпорту також переважають вуглецевмісткі невідновлювані енергоресурси: вугілля та торф (41%) і нафтопродукти (30%).

Статистично зафіксований рівень емісії парникових газів в Україні (2004-2019 рр.) становить 126,9-121,3 млн т щорічно. До 2011 р. спостерігався нестійкий

зростаючий тренд викидів CO₂, а протягом 2011-2013 рр. ситуація стабілізувалася на максимальному значенні (рис. 15). У результаті скорочення обсягів виробництва та підзвітних промислових об'єктів¹ обсяги емісії з 2013 по 2017 р. стали знижуватись і в 2017-2019 рр. знову стабілізувалися на рівні 2004 р. (Державна служба статистики України, 2020с).

Відповідно до норм "Київського протоколу" щорічна квота України є значно вищою за поточний рівень викидів (920 млн т викидів CO₂-еквіваленту згідно з рівнем 1990 р.), що дозволяло продавати невикористовувані одиниці квоти. Проте завершення другого етапу Київського протоколу в 2020 р. та офіційне приєднання України до "Паризької угоди по клімату"² (22 квітня 2016 р.) покладає на неї зобов'язання щодо:

¹ З 2014 р. без урахування тимчасово окупованих територій АР Крим, м. Севастополя, частини Донецької та Луганської областей.

² Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (Framework Convention on Climate Change, UN FCCC).

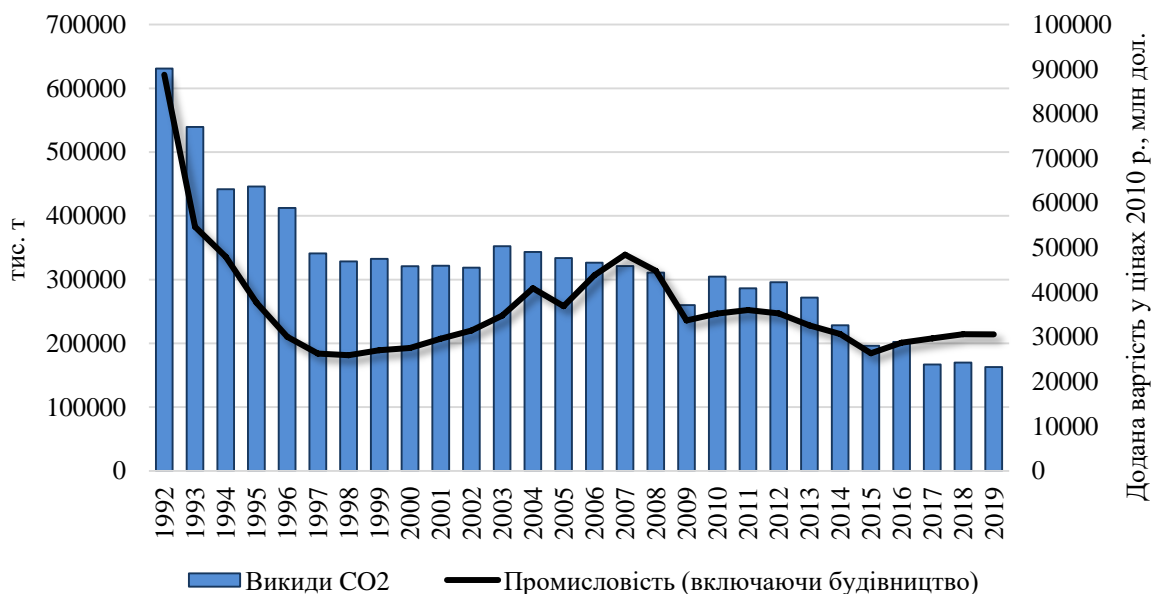


Рисунок 15 – Динаміка викидів CO₂ в Україні

Джерело: складено за даними (World Development Indicators, 2020).

скорочення викидів парникових газів незалежно від ступеня економічного розвитку;

технологічного переозброєння та адаптації до кліматичних змін;

стабільного перегляду екологічних цілей убік їх підвищення кожні п'ять років (European Commission, 2020b).

Незважаючи на відсутність загальноприйнятих кількісних критеріїв щодо обмеження емісії, механізму контролю за дотриманням угоди і заходів примусу до її виконання, кожна країна-учасниця прийняла зобов'язання щодо розробки національних планів із планомірного зниження викидів CO₂ в атмосферу і національних стратегій переходу на безвуглецеву економіку, а також щодо участі в міжнародному трансферті "зелених" технологій у промисловості. На поточному етапі в рамках "Паризької угоди по клімату" Україна поставила за мету не перевищувати до 2030 р. 60% викидів парникових газів від рівня викидів 1990 р., тобто 552 млн т CO₂-еквіваленту. Втім, за оцінками фахівців (незалежний експерт Т. Бебешко, аналітик НДЦ "Укрбіоенергія" В. Винниченко, ди-

ректор Фонду "Carbon Investment Україна" В. Федорченко), перспективи декарбонізації промисловості України ще до кризового 2011 р. мали песимістичний характер, вказуючи на загальний знос виробничих фондів, відсутність достатніх ресурсів для інвестування в енергозберігаючі проекти у кризових умовах, невідповідність потенційного економічного й екологічного ефектів від упровадження "зелених" енергозберігаючих технологій для великих приватних компаній, загрозу необхідності масштабного технічного переозброєння в короткі терміни або ризик значних санкцій у разі зміни умов світової кліматичної угоди (MIGnews.com.ua., 2011).

Реалізація угоди передбачає поступову відмову від промислового спалювання викопного палива і, відповідно, викидів парникових газів в атмосферне повітря (головним чином CO₂). При цьому за даними Держкомстату України (Державна служба статистики України, 2020с) за 2007-2015 рр.¹ викиди від стаціонарних джерел

¹ У періоди 2004-2006 і 2016-2019 рр. доступна статистична інформація лише про викиди від стаціонарних джерел.

становили 83-86% загальної емісії CO₂ в Україні. Тобто промисловий сектор виступає основним генератором парникових газів у країні. Таким чином, саме промислове використання ІКТ, включаючи енергетичний сектор, є найбільш перспективним для "озеленення" національної економіки в рамках даного напрямку.

У сфері поводження з відходами електричного та електронного обладнання¹ централізована робота з їх керованого та екологічно безпечного збору, складування та утилізації здебільшого перебуває на етапі планування та узгодження нормативно-правових актів із законодавством ЄС (у рамках Угоди про асоціацію України з ЄС, ратифіковану у 2014 р.). Так, Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р було схвалено "Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року", де визначено головні напрями державного регулювання у сфері поводження з відходами в найближчі десятиліття з урахуванням європейських підходів, у тому числі: Директив 2012/19/ЄС Європейського парламенту та Ради від 04.07.2012 р. "Про відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО)" та 2006/66/ЄС Європейського парламенту та Ради від 06.09.2006 р. "Про батарейки і акумулятори та відпрацьовані батарейки і акумулятори" (Кабінет Міністрів України, 2017).

У стратегії визнається значне зростання відповідних "небезпечних відходів", загальний обсяг накопичення яких становить 5 млрд т, при поточних витратах на їх видалення і зберігання (близько 600 млн грн) та низькій інвестиційній активності в цій сфері "внаслідок відсутності необхідної законодавчої бази і чітко визначених сфер

¹ За термінологією "Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року" визначено як "прилади, що працюють за допомогою електроенергії або електромагнітного поля, строк експлуатації яких закінчився або власник має намір їх позбутися шляхом утилізації чи видалення" (Кабінет Міністрів України, 2017).

відповідальності для всіх учасників ринку". При цьому підкреслюється, що "близько 70% небезпечних для навколишнього природного середовища та здоров'я людини речовин, які перебувають у побутових відходах, містяться у відходах електричного та електронного обладнання" та здатні "поставити під загрозу здоров'я людей у разі їх належної утилізації". Тому Постановою Кабінету Міністрів України від 10.03.2017 р. № 139 "Про затвердження Технічного регламенту обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні", яка включає вимоги Директиви 2002/95/ЄС Європейського парламенту та Ради "Про заборону використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні", передбачено регулювання та заборону використання певних небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні.

На другому етапі реалізації цієї Стратегії (2019-2023 рр.) серед інших загальних заходів передбачено "розроблення положення про електронну інформаційну логістичну схему видобутку та використання природних ресурсів та поводження з відходами". Втілення даної логістичної схеми, а також забезпечення функціонування інформаційної системи надання електронної звітності суб'єктами господарювання, які провадять діяльність у сфері поводження з відходами, заплановано на третьому етапі Стратегії (2024-2030 рр.). Лише на третьому етапі передбачається збирання комунальними пунктами відходів електричного та електронного обладнання, відпрацьованих батарейок, батарей та акумуляторів.

Серед спеціальних заходів Стратегії у сфері поводження з відходами електричного та електронного обладнання передбачається розроблення цільового законопроекту, узгодженого з Директивою 2012/19/ЄС Європейського парламенту та Ради від 04.07.2012 р. "Про відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО)" і найкращими європейськими практиками, зо-

крема щодо розробки механізмів екологічно безпечного збирання, обробки та утилізації даного виду відходів. Зокрема: класифікація та екологічне маркування, інформування населення та залучення його до природоохоронних ініціатив, реалізація принципу розширеної відповідальності виробника через індивідуальні та колективні системи.

Цільові показники реалізації Стратегії, які стосуються саме електронних відходів, наведено в табл. 2. Їх кількісні значення визначено на основі існуючих статистичних показників, а також за експертними оцінками в разі відсутності відповідних даних чи недосконалості використаної статистичної методології.

Таблиця 2 – Цільові показники поводження з відходами електричного та електронного обладнання¹

Напрямок	Показник	Базове значення (2016 р.)	Основні етапи "Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року"		
			2017 - 2018	2019 - 2023	2024 - 2030
Підготовка до повторного використання відходів	Утворення центрів із збирання відходів для їх ремонту з метою повторного використання (насамперед відходів електричного та електронного обладнання), од.	–	25	100	250

¹ Складено за даними (Кабінет Міністрів України, 2017).

Спеціальним регуляторним документом щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання є наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 22.01.2013 р. № 15 "Про затвердження Методичних рекомендацій щодо збирання відходів електричного та електронного обладнання, що є у складі побутових відходів". Однак наразі форми статистичного обліку не передбачено структурованої та повної бази даних щодо обсягів й інтенсивності акумулювання даного виду відходів, їх якісного складу, територіального розміщення, ефективності утилізації та ін.

Статистична інформація щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання, яка перебуває у відкритому доступі (Державна служба статистики України, 2020d), є розрізною, фрагментарною та методологічно складною для

коректного здійснення розрахунків та прогнозування. Так, у рубриці "Утворення та поводження з відходами I-III класів небезпеки за категоріями матеріалів у 2019 році" надано відомості лише про утворення, утилізацію та видалення у спеціально відведені місця чи об'єкти окремої категорії електронних відходів – "відходів акумуляторів та батарей" за 2017-2019 рр. (табл. 3). У рубриці "Поводження з відходами за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів" визначено більш широку номенклатуру електронних відходів, проте з великим розкидом у загальному масиві даних, а також надано відомості лише про щорічні обсяги їх утилізації та видалення на полігони (табл. 4). При цьому представлена специфікація не охоплює всього спектру існуючих видів електронних відходів. Це свідчить про те, що система обліку відходів, пов'язаних з ІКТ, в Україні потребує доопрацювання.

Таблиця 3 – Динаміка поводження з відходами акумуляторів та батарей, тис. т ¹

Рік	Утворено	Утилізовано	Спалено	Видалено у спеціально відведених місцях чи об'єктах
2017	4,1	34,3	0	–
2018	3,8	15,4	–	0
2019	4,4	24,8	–	0,0

¹ Складено за даними (Державна служба статистики України, 2020d).

Таблиця 4 – Поводження з електронними відходами за класифікаційними угрупованнями державного класифікатора відходів, т ¹

Код та найменування відходів за класифікацією відходів (ДК 005-96)		Утилізовано	Видалено у спеціально відведених місцях чи об'єктах
3110.3.1.01	Проводи ізольовані та кабелі некондиційні	–	0,650
3120.3.1.02	Батареї акумуляторні свинцеві некондиційні	669,575	–
3120.2.9.06	Напівфабрикати власного виробництва акумуляторів, елементів гальванічних або залишки незакінченого виробництва акумуляторів, елементів гальванічних	3960,000	–
3130.1.0.23	Масла електроізоляційні нафтові (трансформаторне, конденсаторне, кабельне) зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані	–	0,200
3130.1.0.15	Лакотканини електроізоляційні зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням	–	0,003
3130.1.0.14	Вироби електроізоляційні намотані зіпсовані, забруднені або неідентифіковані, які не можуть бути використані за призначенням	–	1,830
3410.2.9.03	Акумулятори некондиційні	16,163	–
6000.2.9.09	Електроліт із батарей та акумуляторів відпрацьований	72,164	–
6000.2.9.08	Батареї та акумулятори інші зіпсовані або відпрацьовані	125,815	–
6000.2.9.07	Батареї лужні зіпсовані або відпрацьовані	0,054	–
6000.2.9.04	Батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані	10658,804	0,100
7740.3.1.04	Обладнання електронне загального призначення зіпсоване, відпрацьоване чи неремонтопридатне	0,065	8,792

¹ Складено за даними (Державна служба статистики України, 2020d).

Висновки

1. Потенційні можливості ІКТ у сфері досягнення екологічних завдань, зокрема енергозбереження та декарбонізації виробництва, оцінюються профільними органі-

заціями (кліматичною групою ООН, GeSI та ін.) досить високо. Якщо, за оцінками (European Commission, 2020), на частку сектору ІКТ припадає понад 2% глобальних викидів парникових газів, то їх цільове ви-

користання з метою декарбонізації світової економіки здатне забезпечити скорочення глобальної емісії CO₂ на 15%. Світова спільнота, а саме уряди економічно і технологічно розвинутих країн, докладає зусиль щодо використання можливостей і переваг, які мають смарт-технології, зокрема "зелені" ІКТ, для досягнення цільових показників екологізації та цифровізації в рамках національних стратегій розвитку.

2. На основі аналізу існуючої термінології ("зелені" ІКТ, "зелені інформаційні технології", "екологічно сталі ІКТ") встановлено, що еволюція термінологічного апарату зумовлена поширенням функціональних можливостей цифрових технологій, розширенням ІКТ-індустрії та відокремленням цифрових продуктів і послуг. Запропоновано розширити типологізацію впливів ІКТ на навколишнє середовище (прямий позитивний вплив, прямий негативний вплив, потенційний позитивний вплив, системний позитивний поведінковий вплив і системний негативний поведінковий вплив). Сформульовано визначення "зелених" ІКТ, у якому враховано їх системний вплив з позицій суспільства загалом і підприємства, кінцевих споживачів зокрема, а також інкорпоровано концепції "озеленення ІКТ" (*green of ICT, green in ICT*) та "озеленення за допомогою ІКТ" (*green by ICT*), а саме: "зелені" ІКТ – це сукупність інформаційно-комунікаційних технологій, на кожному етапі життєвого циклу яких дотримується принцип мінімізації негативного впливу на довкілля та які функціонально спрямовані на такий мінімальний вплив, а також комплекс пов'язаних із ними політичних рішень (стратегічних і тактичних), що забезпечують належні зв'язки між розвитком ІКТ, станом довкілля та охороною екосистем.

3. Узагальнення зарубіжного досвіду щодо екологізації ІКТ-індустрії та забезпечення сталого розвитку шляхом використання ІКТ у промисловості дозволяє стверджувати, що за попередніми прогнозами з незалежних джерел карбоновий слід ІКТ-індустрії у 2020 р. становитиме від 1,1 до 1,4 млрд т CO₂-еквіваленту.

При цьому завдяки реалізації стратегії екологізації на базі смарт-технологій ("зелених" ІКТ) можливим є скорочення глобального карбонового сліду на 9,1 млрд т CO₂-еквіваленту, що майже в 7 разів більше власного негативного впливу від ІКТ-сектору.

Потенційно перспективними сферами економічної діяльності для впровадження заходів щодо декарбонізації за рахунок ІКТ визначено енергетичний (≈22%), транспортний (≈21%), сільськогосподарський (17,6%) та виробничий сектори (14,3%). Найбільш перспективними групами смарт-технологій в ІКТ-індустрії є: смарт-енергомережі; смарт-будівлі; смарт-логістика; дематеріалізація; смарт-мотори; оптимізація приватного транспорту тощо. Максимальна активність серед країн ОЕСР у рамках національних програм з впровадження "зелених" ІКТ спостерігається у сфері збільшення ефективності споживання енергії, запобігання глобальній зміні клімату, утилізації токсичних забруднень, перешкодження виснаженню неенергетичних ресурсів, а також земельних ресурсів. Причому помітна перевага надається методам прямого впливу.

Головною перешкодою для глобального використання "зелених" ІКТ з метою забезпечення сталого розвитку є висока інвестиційна емність і недосконалість інституційних механізмів практичної реалізації ініціатив "зеленої" цифровізації. У результаті очікуваний економіко-екологічний ефект нівелюється корупційними зловживаннями у країнах із переважаючим екстрактивним неформальним інститутів.

4. За підсумками оцінки масштабу впровадження цифрових технологій у промисловості та аналізу якісної структури ІКТ-послуг, які використовуються підприємствами України, визначено, що:

доступ до Інтернету мають і комп'ютерним обладнанням оснащені понад 98% загальної кількості підприємств, які взяли участь в обстеженні;

найбільш поширеними та апробованими напрямками використання ІКТ є користування електронною поштою (85,4% за-

гальної кількості підприємств), здійснення банківських операцій (84,3%), моніторинг ринку товарів та послуг (77,1%), обмін інформацією з органами державної влади (70,4%);

більш прогресивні цифрові технології, такі як електронна комерція, 3D-друк, аналіз "великих даних" та ін., є менш розповсюдженими.

Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) від торгівлі через вебсайти або прикладні програми (застосунки) досягає лише 4,5% загального обсягу реалізованої продукції підприємств. 3D-друк практикує лише 1,5% загальної кількості підприємств. Аналіз "великих даних" у 2018-2019 рр. самостійно здійснювали $\approx 10\%$ загальної кількості підприємств, послугами зовнішніх постачальників користувалося 4%. При цьому у 2019 р. інтенсивність електронної комерції та користування послугами 3D-друку істотно збільшилася – на 22% порівняно з 2018 р.

Визнаними лідерами у сфері використання ІКТ є "переробна промисловість" та "оптова та роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів", на які припадає половина попиту на ІКТ (по 25% на кожний вид економічної діяльності). Екологічна спрямованість ІКТ в Україні за векторами енергозбереження, ресурсоспоживання та скорочення техногенного навантаження розвинута недостатньо.

5. У результаті аналізу техногенного навантаження на навколишнє середовище, пов'язаного з виробництвом та впливом цифровізації, встановлено:

рівень використання "зеленої" енергії від відновлюваних джерел в Україні у складі експорту та власного виробництва в останні роки відчутно зростає. Зокрема, за напрямками використання біопалива та відходів для виробництва енергії, а також вітрової та сонячної енергії – у 2 та 49 разів відповідно. Також зберігається стала тенденція до скорочення енергоємності ВВП України: у перерахунку на постачання первинної енергії – на 23,6%, на кінцеве енергоспоживання – майже на 32%. Проте в цілому декарбонізація енергетичного сектору залишається на низькому рівні – мак-

симальний показник (2018 р.) становив лише 4,6% загального обсягу постачання первинної енергії. У складі власного виробництва та імпорту досі переважають високонебезпечна атомна електроенергія та вуглецевмісткі невідновлювані енергоресурси. Тому, незважаючи на сталі позитивні тенденції, масштаб позитивних якісних перетворень залишається недостатнім для швидкої зміни статусу енергетичного сектору України з вуглецевмісткого на "екологічно чистий" (сталий);

емісія парникових газів у 2019 р. за досліджуваний період повернулася до рівня 2004 р. та становить 13% (121,3 млн т CO₂-еквіваленту) первинної квоти на обсяг викидів. Надмірна величина встановленої квоти в рамках дії "Киотського протоколу" дозволяла нехтувати заходами щодо зменшення викидів без ризику економічних санкцій і збитків. Тому навіть скорочення доступної квоти до 552 млн т CO₂-еквіваленту в рамках прийнятих Україною зобов'язань щодо "Парижської угоди по клімату" не спонукає підприємців до зміни природоохоронної стратегії та вживання заходів щодо декарбонізації виробництва. При цьому саме промисловий сектор несе основну відповідальність за формування карбонового сліду в Україні (викиди від стаціонарних джерел становлять 83-86% загальної емісії CO₂). Тенденція скорочення викидів парникових газів почалася з 2013 р., тобто зумовлена соціально-політичною кризою – скороченням територій і кількості промислових об'єктів, що підлягають звітності.

Отже, докази використання ІКТ у виробництві з метою скорочення емісії парникових газів в Україні відсутні.

6. У сфері поводження з відходами електричного та електронного обладнання на загальнонаціональному рівні органи державної влади докладають систематичних зусиль щодо формування екологічно лояльного інституційного середовища, спрямованого на зменшення відходоутворення та підвищення екологічної та санітарної безпеки логістики, утилізації електронних відходів. Зокрема, передбачено гармонізацію українського та європейського

законодавства за даним напрямом (на виконання зобов'язань Угоди про асоціацію України з ЄС), а також реалізацію (у три етапи) переліку загальних і спеціалізованих заходів щодо скорочення утворення та безконтрольного накопичення електронних відходів (у рамках "Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року").

Заплановані заходи спрямовані на розроблення ефективної інфраструктури роздільного збирання, безпечного розміщення та утилізації (вторинного використання) електронних відходів, систем електронного обліку утворення та пересування відходів, адміністративних і ринкових інструментів регулювання (зворотних механізмів, цільових показників, маркування, класифікації, розширеної відповідальності виробників та дистриб'юторів через індивідуальні та колективні системи тощо).

Однак на поточному етапі відсутня інформація про досягнутий прогрес щодо реалізації затвердженої стратегії. Також залишається незадовільною існуюча інформаційна база щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання на основі даних Державної служби статистики, яка є дуже обмеженою та фрагментарною, а отже, непридатною для комплексного аналізу та прогнозування на довгострокові періоди.

7. Таким чином, як свідчить зарубіжний досвід, "зелені" ІКТ мають значний потенціал щодо скорочення техногенного навантаження на екосистеми та забезпечення сталого розвитку. Проте їх ефективність і швидкість поширення залежать від ефективності державної політики, формування сприятливого інституціонального середовища, що потребує значних інвестицій. На сучасному етапі розвитку в Україні не спостерігається достатньою мірою політичної волі та мотивації для прискореного впровадження смарт-технологій із потрібним "зеленим" ефектом.

Перспективним напрямом подальших досліджень є визначення конкретних умов, що сприятимуть поширенню та більш ефективному використанню ІКТ ("зелених" і решти) в Україні, а також розробка на цій

основі рекомендацій щодо вдосконалення чинних нормативно-законодавчих актів.

Література

- Ahola J., Ahlqvist T., Ermes M., Myllyoja J., Savola J. (2010). ICT for environmental sustainability: green ICT roadmap. *VTT Research Notes*, № 2532.
- Al-Zamil A., Jilani Saudagar AK (2018). Drivers and Challenges of Applying Green Computing for Sustainable Agriculture: A Case Study, *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.07.008>
- Andrae A.S.G., Edler A.T. (2015). On global electricity usage of communication technology: trends to 2030. *Challenges*. Vol. 6. P. 117-157.
- Belkhir L., Elmeligi A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 177. P. 448-463.
- Cisco (2011). Cisco Visual Networking Index: Forecast and methodology, 2010-2015. *Cisco white paper*. URL: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html (дата звернення: 20.11.2011).
- Elkington J. (2013). Enter the triple bottom line. In A. Henriques, J. Richardson (Eds.). *The triple bottom line: does it all add up?* (P. 1-16). London: Routledge.
- European Commission (2020b). UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. *European Commission*. URL: https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/unfccc-united-nations-framework-convention-climate-change_en (дата звернення: 06.08.2020).
- European Commission. (2020a). Supporting the green transition: shaping europe's digital future. *European Commission*. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_en (дата звернення: 06.08.2020).

- Ferreboeuf H. (2019). *Lean ICT: towards digital sobriety*. Report. Agence française de développement, Caisse des Dépôts, 90. URL: https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf (дата звернення: 06.08.2020).
- Gartner (2007). Green IT: the new industry shockwave. In: Paper Presented at the Symposium/ITXPO Conference, San Diego, CA.
- GeSI (2008). SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. A report by The Climate Group on behalf of the Global eSustainability Initiative (GeSI). *Globale Sustainability Initiative*. 87 p.
- GeSI (2012). Smarter 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future. A Report by Boston Consulting Group on Behalf of GeSI. *Global eSustainability Initiative*. 243 p.
- Global Enabling Sustainability Initiative (2020). URL: <http://www.gesi.org> (дата звернення: 06.08.2020).
- Global TV shipments (2010). Display Search, Worldwide TV Forecast by Technology. Quarterly Global TV Shipment and Forecast Report. URL: http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/quarterly_global_tv_shipment_and_forecast_report.asp (дата звернення: 06.12.2011).
- IDC PC sales and forecast, 2010-2015. Charles Arthur for guardian.co.uk on Monday 6th June 2011 16.48. URL: <http://www.guardian.co.uk/technology/blog/2011/jun/06/idc-pc-sales-growth-warns> (дата звернення: 06.12.2011).
- IEA (2020). Global Energy Review 2020. Global energy and CO₂ emissions in 2020. The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO₂ emissions. Flagship report. IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020#abstract> (дата звернення: 06.08.2020).
- INFSO-ICT-247733 EARTH (EU project) (2011). Deliverable D2.1, Economic and Ecological Impact of ICT. URL: https://bscw.ictearth.eu/pub/bscw.cgi/d38532/EARTH_WP2_D2.1_v2.pdf (дата звернення: 06.12.2011).
- International Telecommunication Union (ITU), World Telecommunication/ICT Indicators Database 2010, 15th Edition, 2011. URL: <http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/world/world.html> (дата звернення: 06.12.2011).
- Laplante P., Murugesan S. (2011). IT for a Greener Planet. *IT Professional*. Vol. 13(1). P. 16-18. doi: <https://doi.org/10.1109/MITP.2011.9>
- Malmodin J., Bergmark P., Lunden D. (2013). *The future carbon footprint of the ICT and E&M sectors*. In Proceedings of the ICT for Sustainability (ICT4S), Zurich, Switzerland.
- Malmodin J., Lunden D. (2018). The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010-2015. *Sustainability*, 10, 3027. doi: 10.3390/su10093027
- Malmodin J., Moberg Å., Lunden D., Finnveden G., Lövehagen N. (2010). Greenhouse gas emissions and operational electricity use in the ICT and entertainment & media sectors. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 14 (5). P. 770-790. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00278.x>
- MIGnews.com.ua (2011). Україна увеличила выброс парниковых газов. *MIG news.com.ua*. URL: <https://mignews.com.ua/sobitiya/inukraine/1417924.html> (дата звернення: 06.08.2020).
- Peters G., Solli C. (2010). *Global carbon footprints Methods and import/export corrected results from the Nordic countries in global carbon footprint studies*. Nordic Council of Ministers. ISBN 978-92-893-2159-4
- Radu L.D. (2016). Determinants of Green ICT adoption in organizations: A theoretical perspective. *Sustainability*. Vol. 8(8). 731. doi: 10.3390/su8080731
- Reimsbach-Kounatze C. (2009). Towards Green ICT Strategies: Assessing Policies and Programmes on ICT and the Environment. *OECD Digital Economy Papers*, № 155. URL: <http://dx.doi.org/10.1787/>

- 222431651031 (дата звернення: 06.08.2020).
- Servaes J. (2012). Introduction to 'Green ICT'. *Telematics and Informatics*, Vol. 29(4). P. 335-336. doi: 10.1016/j.tele.2012.05.001
- The World Bank Group (2020). World Development Indicators. *The World Bank Group*. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. (дата звернення: 06.08.2020).
- Волк О.М. (2009). *Еколого-економічне обґрунтування впровадження інформаційно-комунікаційних технологій*: дис. ... канд. екон. наук. Сумський державний університет. Суми. 207 с.
- Гаркушенко О.Н. (2018). Информационно-коммуникационные технологии в эпоху становления смарт-промышленности: проблемы определения и условия развития. *Экономика промышленности*. № 2(82). С. 50-75. doi: doi.org/10.15407/econindustry2018.02.050.
- Державна служба статистики України (2020a) Використання інформаційно-комунікаційних технологій на підприємствах. *Державна служба статистики України*. URL: http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zv/ikt/arh_ikt_u.html (дата звернення: 06.08.2020).
- Державна служба статистики України (2020b). Економічна статистика. Економічна діяльність. Енергетика. *Державна служба статистики України*. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.08.2020).
- Державна служба статистики України (2020c). Економічна статистика. Навколишнє природне середовище. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря. *Державна служба статистики України*. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.08.2020).
- Державна служба статистики України (2020d). Економічна статистика. Навколишнє природне середовище. Відходи. Утворення та поводження з відходами I-III класів небезпеки за категоріями матеріалів. *Державна служба статисти-*
- тики України*. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.08.2020).
- Верховна Рада України (1998). Про Національну програму інформатизації: закон України від 04.02.1998 р. № 74/98-ВР (редакція від 07.06.2020 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-vr#Text> (дата звернення: 06.08.2020).
- Верховна Рада України (2019). Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII (редакція від 28.02.2019 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 06.08.2020).
- Кабінет Міністрів України (2019). Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.02.2017 № 820-р (редакція від 24.12.2019 р.). URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR170820.html (дата звернення: 06.08.2020).
- Міністерство та Комітет цифрової трансформації України (2020). Офіційний сайт. URL: <https://thedigital.gov.ua/committees> (дата звернення: 06.08.2020).
- Паладченко Е.Ф., Кваша Т.К., Задорожня Г.П. (2014). Зарубежный опыт развития и совершенствования информационно-коммуникационных технологий и их роль в формировании зеленой экономики. *Украинский институт научно-технической и экономической информации*. URL: <https://present5.com/zarubezhnyj-opyt-razvitiya-i-sovshenstvovaniya-informacionnokommunikacionnyh-technologij-i/> (дата звернення: 06.08.2020).
- Россия в окружающем мире: 2011. Устойчивое развитие: экология, политика, экономика: ред. Н.Н. Марфенин (2011). Москва: Изд-во МНЭПУ. 292 с.
- Центр гуманитарных технологий (2018). Рейтинг стран мира по уровню развития информационно-коммуникационных технологий. Гуманитарная энциклопедия. *Центр гуманитарных технологий*. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info> (дата звернення: 06.08.2020).

References

- Ahola, J., Ahlqvist, T., Ermes, M., Myllyoja, J., & Savola, J. (2010). ICT for environmental sustainability: green ICT roadmap. *VTT Research Notes*, № 2532.
- Al-Zamil, A., & Jilani Saudagar AK (2018). Drivers and Challenges of Applying Green Computing for Sustainable Agriculture: A Case Study, Sustainable Computing: Informatics and Systems. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.07.008>
- Andrae, A.S.G., & Edler, A.T. (2015). On global electricity usage of communication technology: trends to 2030. *Challenges*, 6, pp. 117-157.
- Belkhir, L., & Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *J. Clean. Prod.*, 177, pp. 448-463.
- Cisco (2011). Cisco Visual Networking Index: Forecast and methodology, 2010–2015. *Cisco white paper*. Retrieved from http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- Elkington, J. (2013, June 17). Enter the triple bottom line. In *The triple bottom line: does it all add up?* Eds. A. Henriques & J. Richardson (pp. 1-16). London: Routledge.
- European Commission. (2020a). Supporting the green transition: shaping Europe's digital future. *European Commission*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_en
- European Commission (2020b). UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. *European Commission*. Retrieved from https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/unfccc-united-nations-framework-convention-climate-change_en
- Ferreboeuf, H. (2019). *Lean ICT: towards digital sobriety*. Report. Agence française de développement, Caisse des Dépôts, 90. Retrieved from https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf
- Gartner (2007). Green IT: the new industry shockwave. In: Paper Presented at the Symposium/ITXPO Conference. San Diego, CA.
- GeSI (2008). SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. A report by The Climate Group on behalf of the Global eSustainability Initiative (GeSI). *Global eSustainability Initiative*. 2008.
- GeSI (2012). Smarter 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future. A Report by Boston Consulting Group on Behalf of GeSI. *Global eSustainability Initiative*.
- Global Enabling Sustainability Initiative (2020). Retrieved from <http://www.gesi.org>
- Global TV shipments (2010). Display Search, Worldwide TV Forecast by Technology. Quarterly Global TV Shipment and Forecast Report. Retrieved from http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/quarterly_global_tv_shipment_and_forecast_report.asp
- IDC PC sales and forecast, 2010-2015. Charles Arthur for guardian.co.uk on Monday 6th June 2011 16.48. Retrieved from <http://www.guardian.co.uk/technology/blog/2011/jun/06/idc-pc-sales-growth-warns>
- IEA (2020). Global Energy Review 2020. Global energy and CO₂ emissions in 2020. The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO₂ emissions. Flagship report. IEA, Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020#abstract>
- INFSO-ICT-247733 EARTH (EU project). (2011). Deliverable D2.1, Economic and Ecological Impact of ICT. URL: https://bscw.ictearth.eu/pub/bscw.cgi/d38532/EARTH_WP2_D2.1_v2.pdf
- International Telecommunication Union (ITU), World Telecommunication/ICT Indicators Database 2010, 15th Edition, 2011. Retrieved from <http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/world/world.html>
- Laplante, P. & Murugesan, S. (2011). IT for a Greener Planet. *IT Professional*, 13(1),

- pp. 16-18. doi: <https://doi.org/10.1109/MITP.2011.9>
- Malmodin, J., & Lunden, D. (2018). The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010-2015. *Sustainability*, 10, 3027. doi: 10.3390/su10093027
- Malmodin, J., Bergmark, P., & Lunden, D. (2013). *The future carbon footprint of the ICT and E&M sectors*. In Proceedings of the ICT for Sustainability (ICT4S), Zurich, Switzerland.
- Malmodin, J., Moberg, Å., Lunden, D., Finnveden, G., & Lövehagen, N. (2010). Greenhouse gas emissions and operational electricity use in the ICT and entertainment & media sectors. *J. Ind. Ecol.*, 14 (5), pp. 770-790.
- MIGnews.com.ua (2011). Ukraine has increased its greenhouse gas emissions. *MIGnews.com.ua*. Retrieved from <https://mignews.com.ua/sobitiya/inukraine/1417924.html> [in Russian].
- Peters, G., & Solli, C. (2010). *Global carbon footprints Methods and import/export corrected results from the Nordic countries in global carbon footprint studies*. Nordic Council of Ministers. ISBN 978-92-893-2159-4
- Radu, L.D. (2016). Determinants of Green ICT adoption in organizations: A theoretical perspective. *Sustainability*, 8(8), 731. doi: 10.3390/su8080731
- Reimsbach-Kounatze, C. (2009). Towards Green ICT Strategies: Assessing Policies and Programmes on ICT and the Environment. *OECD Digital Economy Papers*, 155. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/222431651031>
- Servaes, J. (2012). Introduction to 'Green ICT'. *Telematics and Informatics*, 29(4), pp. 335-336. doi: 10.1016/j.tele.2012.05.001
- The World Bank Group (2020). World Development Indicators. *The World Bank Group*. Retrieved from <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Volk, O.M. (2009). Environmental and economic justification for the introduction of information and communication technologies (Unpublished candidate thesis). Sumy state University, Sumy, Ukraine [in Ukrainian].
- Garkushenko, O.M. (2018). Information and communication technologies in the era of the smart industry development: problems of definition and conditions of development. *Econ. promisl.*, 2(82), pp. 50-75. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2018.02.050> [in Russian].
- State statistics service of Ukraine (2020a) Use of information and communication technologies in enterprises. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zv/ikt/arh_ikt_u.html [in Ukrainian].
- State statistics service of Ukraine (2020b). Economic statistics. Economic activity. Energy. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
- State statistics service of Ukraine (2020c). Economic statistics. Natural environment. Emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
- State statistics service of Ukraine (2020d). Economic statistics. Natural environment. Waste. Waste generation and management of hazard classes I-III by material category. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
- Verkhovna Rada of Ukraine (1998). Law of Ukraine: About the National Informatization program of February 04, № 74/98-BP. (edition of 07.06.2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-vp#Text> [in Ukrainian].
- Verkhovna Rada of Ukraine (2019). Law of Ukraine: On the main principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period up to 2030 of February 28, № 2697-VIII. (edition of 28.02.2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian].
- Cabinet of Ministers of Ukraine (2019). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine: National strategy for waste management in Ukraine until 2030 of November 8 2017,

№ 820-p. (edition of 24.12.2019). Retrieved from http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KR170820.html [in Ukrainian].

Ministry and Committee for digital transformation of Ukraine. (2020). Official site. Retrieved from <https://thedigital.gov.ua/committees> [in Ukrainian].

Paladchenko, E.F., Kvasha, T.K., & Zadorzhnyaya, G.P. (2014). Foreign experience in the development and improvement of information and communication technologies and their role in the formation of a green economy. *Ukrainian Institute of scientific, technical and economic information*. Retrieved from <https://present5.com/>

[zarubezhnyj-opyt-razvitiya-i-sovershenstvovaniya-informacionnkomunikacionnyx-texnologij-i/](https://present5.com/zarubezhnyj-opyt-razvitiya-i-sovershenstvovaniya-informacionnkomunikacionnyx-texnologij-i/) [in Russian].

Marfenin, N.N. (Ed.). (2011). *Russia in the surrounding world: 2011. Sustainable development: ecology, politics, economy*. Moscow: MNEPU [in Russian].

Centre of humanitarian technologies (2018). The world's countries rating by the level of development of information and communication technologies. *Humanitarian encyclopedia. Centre of humanitarian technologies*. Retrieved from <https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info> [in Russian].

Оксана Николаевна Гаркушенко,

канд. экон. наук, старший научный сотрудник

E-mail: garkushenko.o.n@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9153-3763>;

Мария Юрьевна Заниздра,

канд. экон. наук, старший научный сотрудник

Институт экономики промышленности НАН Украины
ул. Марии Капнист, 2, г. Киев, 03057, Украина

E-mail: marin2015zzz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3528-0212>

"ЗЕЛЕННЫЕ" ИКТ: ПОТЕНЦИАЛ И ПРИОРИТЕТЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Цифровизация и экологизация выступают доминирующими глобальными трендами трансформации мировой экономики, которые в значительной степени будут определять национальную конкурентоспособность в будущем. Использование энергосберегающего и декарбонизационного эффектов ИКТ приобретает особое значение в контексте их внедрения в промышленности, которая обладает достаточным потенциалом для обеспечения глобальных качественных сдвигов. Вследствие этого возникает вопрос определения совместности и взаимовлияния процессов цифровизации и устойчивого развития.

Предложено расширить типологизацию воздействий ИКТ на окружающую среду, а также изложено авторское видение "зеленых" ИКТ, которое учитывает их системный эффект с позиций общества в целом и предприятия, конечных потребителей в частности, а также инкорпорирует концепции "озеленения ИКТ" и "озеленения с помощью ИКТ". На основе обобщения зарубежного опыта экологизации ИКТ-индустрии и обеспечения устойчивого развития путем использования ИКТ в промышленности определены потенциально перспективные сферы экономической деятельности для внедрения мер по декарбонизации за счет ИКТ (строительная, транспортная, энергетическая и производственная) и наиболее эффективные группы "зеленых" смарт-технологий (смарт-энергосети, смарт-здания, смарт-логистика, дематериализация и т. п.).

Установлено, что признанными лидерами в сфере внедрения ИКТ в Украине являются такие виды деятельности, как обрабатывающая промышленность и оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств, на которые приходится половина спроса на ИКТ-продукты и услуги. Однако наиболее распространенными направлениями использования ИКТ являются традиционные и малозатратные: пользование электронной почтой,

осуществление банковских операций, мониторинг рынка товаров и услуг, обмен информацией с органами государственной власти. Более прогрессивные цифровые технологии (электронная коммерция, 3D-печать, анализ "больших данных" и др.), требующие дополнительного инвестирования в развитие интеллектуального капитала, менее распространены.

В результате анализа техногенной нагрузки на окружающую среду установлены следующие позитивные тенденции: рост масштабов использования "зеленой" энергии от возобновляемых источников, сокращение энергоемкости ВВП, соблюдение допустимого уровня эмиссии парниковых газов (по сравнению с установленными квотами и международными обязательствами Украины). Уже разработаны законодательные инициативы по формированию экологически лояльной институциональной среды в сфере обращения с отходами электрического и электронного оборудования. Однако масштабы положительных качественных преобразований остаются недостаточными для изменения статуса энергетического сектора Украины с "углеродоемкого" на "экологически чистый" (устойчивый). Сокращение эмиссии парниковых газов обусловлено социально-экономическим кризисом и не имеет подтвержденных связей с распространением "зеленых" ИКТ, прогресс относительно реализации Национальной стратегии управления отходами в Украине до 2030 года является недостаточным, текущее состояние существующей информационной базы по обращению с электронными отходами остается неудовлетворительным. Решение этих проблем требует более четкого нормативно-правового и организационного обеспечения в сфере ИКТ и устойчивого развития в комплексе с ускорением развития национальной smart-промышленности.

Ключевые слова: цифровизация, "зеленые" ИКТ, smart-технологии, энергопотребление, выбросы парниковых газов, электронные отходы, устойчивое развитие.

JEL: O14, O44, Q57

Oksana M. Garkushenko,

PhD in Economics, Leading Researcher

E-mail: garkushenko.o.n@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9153-3763>;

Mariia Yu. Zanizdra,

PhD in Economics, Leading Researcher

Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,

2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

E-mail: marin2015zzz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3528-0212>

GREEN ICTS: POTENTIAL AND PRIORITIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. ANALYTICAL REVIEW

Digitalization and greening are the dominant global trends in the transformation of the world economy, which would largely define national competitiveness in the future. The use of energy-saving and decarbonizing effects from the introduction of ICTs is particularly important in the context of their implementation in industry, which has sufficient potential to ensure global qualitative changes. This raises the question of defining the compatibility and mutual influence of digitalization and sustainable development processes.

Therefore, the paper proposes to expand the typology of ICTs impacts on the environment, as well as authors' vision of "green" ICTs, which takes into account their systemic effect from the perspective of society as a whole, individual enterprises and end users, and, at the same time, incorporates concepts of "greening of ICT" and "greening by ICT". Based on the generalization of foreign experience in greening the ICT industry and ensuring sustainable development through the use of ICTs in industry, we have identified potentially promising areas of economic activity for implementing decarbonization measures through ICTs (construction, transport, energy and pro-

duction), as well as the most effective groups of "green" smart technologies (smart energy networks, smart buildings, smart logistics, dematerialization, etc.).

It is established that the recognized leaders in the field of ICT implementation in Ukraine are such economic activities as "manufacturing industry" and "wholesale and retail trade, repair of motor vehicles", which account for half of the demand for ICT products and services. However, the most common areas of ICTs' use are traditional and low-cost: the use of e-mail, banking operations, monitoring of the market of goods and services, exchange of information with public authorities. More advanced digital technologies – e-Commerce, 3D printing, big data analysis, etc., which require additional investments in the development of intellectual capital, are less common. Analysis of anthropogenic burden on the environment has allowed us to establish some positive trends – increased use of "green" energy from renewable sources, reduction of energy intensity, compliance with the permissible level of greenhouse gas emissions (compared to the established quotas and international obligations of Ukraine). Legislative initiatives, directed on creation of an environment friendly institutional framework in the field of waste management of electrical and electronic equipment, have been developed. However, the scale of positive qualitative changes remains insufficient to change the status of Ukrainian energy sector from carbon-intensive to "environment friendly" (sustainable). The reduction of greenhouse gas emissions is due to the socio-economic crisis and has no confirmed links with the spread of "green" ICTs, progress in the implementation of the "National waste management strategy in Ukraine until 2030" is insufficient, and the current state of the existing information base on e-waste management remains unsatisfactory. Solving these problems requires a clearer legal framework and organizational support in the field of ICTs and sustainable development, combined with the acceleration of the development of the national smart industry.

Keywords: digitalization, green ICT, smart technologies, energy consumption, greenhouse gas emissions, e-waste, sustainable development.

JEL: O14, O44, Q57

Формат цитування:

Гаркушенко О. М., Заніздра М. Ю. (2020). "Зелені" ІКТ: потенціал і пріоритети для сталого розвитку: аналітичний огляд. *Економіка промисловості*. № 3 (91). С. 47-81. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.03.047>

Garkushenko, O., & Zanizdra, M. (2020). Green ICTs: potential and priorities for sustainable development. Analytical review. *Econ. promisl.*, 3 (91), pp. 47-81. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.03.047>

Надійшла до редакції 08.08.2020 р.