

DOI: [10.32702/2307-2105-2021.12.15](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.15)

УДК 330.34:620.98:004 (477)

*О. С. Вишневський,
д. е. н., провідний науковий співробітник відділу проблем
регуляторної політики і розвитку підприємництва,
Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ
ORCID ID: 0000-0002-2375-6033
Т. П. Микитенко,
аспірант,
Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ
ORCID ID: 0000-0002-8484-8391*

РОЛЬ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

*O. Vyshnevskiy
Doctor of Economic Sciences, Leading Researcher of the
Department of Regulatory Policy and Entrepreneurial Development,
Institute of the Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
T. Mykytenko
Postgraduate student,
Institute of the Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

THE ROLE OF NUCLEAR ENERGY IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ECONOMY OF UKRAINE

Актуальною проблемою для України є забезпечення енергетичної безпеки цифрової трансформації та розвитку економіки. Диверсифікація джерел генерації енергії та розвиток атомної енергетики виступає важливою умовою забезпечення економічної та енергетичної безпеки держави, формування базису задоволення зростаючих потреб цифровізації економіки та вимагає дотримання умов безпечного та ефективного функціонування діючих АЕС. Атомна енергетика є невід'ємним компонентом енергетичного комплексу України та займає більше 50% в виробництві електроенергії.

Метою дослідження є обґрунтування ролі атомної енергетики у становленні цифрової економіки України. Це передбачає виявлення альтернативних рішень для України у напрямку розвитку атомної енергетики в умовах цифрової економіки з врахуванням факторів зношеності діючих блоків АЕС, а також створення нормативно-правових та організаційних можливостей реалізації проектів державно-приватного партнерства у сфері будівництва та експлуатації приватних АЕС.

В чинній структурі виробництва електроенергії України домінуючу роль відіграють АЕС. Вони є основою енергозабезпечення країни та залишаться такою в найближчі десятиліття, і саме переважно завдяки енергії, виробленої АЕС, буде відбуватися розвиток цифрової економіки України. Якщо Україна не встигне провести заміщення існуючих блоків АЕС на нові протягом 2040-2050 років буде не лише поставлена під загрозу енергетична безпека країни та можливість подальшої цифрової трансформації економіки, а також втрачено суттєву частку людського капіталу країни, бо атомна енергетика є високотехнологічною

галуззю та потребує спеціалістів високого рівня підготовки в різних наукових областях. Заміщення чинних АЕС новими можливе за двома напрямками: (1) будівництво нових «великих» АЕС, або (2) будівництво малих модульних реакторів (ММР). Кожен з напрямів має свої переваги та недоліки. Тому враховуючи вкрай обмежені державні фінансові ресурси, доцільно опрацювати можливість залучення приватного капіталу для одночасного руху в обох напрямках з метою мінімізації ризиків.

Виходячи з цього необхідне удосконалення існуючих методичних підходів до вибору реакторних установок для існуючих АЕС України, а також для нових малих (в тому числі приватних) АЕС, впровадження яких в національну енергосистему України буде стимулювати надходження інвестиційних потоків та побудову індустріальних долин на базі роботи дата-центрів.

В подальших дослідженнях доцільно розглянути наступні питання: (1) поглиблення порівняльного аналізу доцільності та економічної ефективності будівництва та експлуатації класичних «великих» АЕС і ММР в Україні, пошуку можливостей для їх одночасного використання; (2) опрацювання та удосконалення нормативно-правового забезпечення розвитку приватної сфери будівництва та експлуатації великих АЕС та ММР, а також інших об'єктів пов'язаних з ними та об'єктів інфраструктури.

Ensuring energy security, digital transformation and economic development have currently become an urgent challenge for Ukraine which can be solved through diversification of energy generation sources and specifically development of nuclear energy in order to guarantee economic and energy security of the country by forming the foundation and favourable environment which meets the growing needs of digitalization of the national economy and develops in compliance with safe and efficient operation of active NPPs. Nuclear energy is an integral part of the energy sector in Ukraine and accounts for more than 50% of electricity production.

The purpose of the study is to justify the role of nuclear energy in the formation of the digital economy in Ukraine which involves identifying alternative solutions for the country in the development of nuclear energy as a part of digital economy, taking into account the factors of wear and tear of existing NPP units, as well as creating regulatory and organizational opportunities for public-private partnership projects in the construction and operation of private NPPs

The latter play a dominant role in the current structure of the electricity production in Ukraine, form the basis of the country's energy supply and are prognosed to remain vital in the coming decades, as the digital economy in Ukraine will be mainly fueled by the energy produced at nuclear power plants operating within the country. Failure to replace existing NPPs with new ones in 2040-2050 will not only jeopardize the country's energy security and further digital transformation of the economy, but will also result in the loss of a significant share of the country's human capital, as nuclear energy is a high-tech industry and needs highly-qualified professionals along with on-going continuous education and training in various scientific fields.

The articles identify advantages and disadvantages of traditional renovated "large" NPPs and new small modular reactors (SMR) by taking into account limited financial resources. It is recommended for the national government to consider developing of the both directions and attracting private capital for investments into each option, which might diversify the sources of nuclear energy and minimize the risks of failure. In addition it is recommended to improve the current methodological approaches to the selection of reactors for existing NPPs in Ukraine, as well as for new small (including private) NPPs which will stimulate investment flows into the national energy system of Ukraine and construction of industrial valleys.

The further research should consider the following issues: (1) deepening the comparative analysis of the feasibility and economic efficiency of construction and operation of traditional "large" NPPs and new small modular reactors in Ukraine and finding opportunities for their simultaneous use; (2) elaboration and improvement of normative and legal support for the development of the private sphere of construction and operation of large NPPs and SMRs, as well as other related facilities and infrastructure.

Ключові слова: *цифрова економіка; енергетика; атомна генерація; малі модульні реактори (ММР); Україна.*

Key words: *digital economy; energy; nuclear generation; small modular reactors (SMR); Ukraine.*

Постановка проблеми. Останні десятиріччя в Україні і світі стрімко розвивається цифрова економіка. З одного боку з принципово новими процесами та віртуалізацією діяльності, а з іншого – залишається критично залежною від енергетичної інфраструктури, проблеми з роботою якої спостерігались протягом останнього року і в США (штат Техас), і в Європі, і Китаї. Україна не виключення. Зростання вартості енергоносіїв призводить до підвищення ризиків та зниження безперервної діяльності енергетичної системи. Разом з цим запаси вугілля на складах теплових електростанцій (далі ТЕС) знаходяться на мінімальних значеннях за останні роки.

В цих не простих умовах посилюються довгострокові тренди на поглиблення цифровізації економіки та досягнення карбонової нейтральності. В Україні обидва тренди знайшли своє відображення. Наприклад, в Національній економічній стратегії на період до 2030 року визначено окремий напрям – «Цифрова економіка» [1, с.252-275] та передбачається урахування «необхідності досягнення кліматичної нейтральності не пізніше 2060 року» [1, с.4].

Однак поглиблення цифровізації економіки потребує збільшення енергоспоживання через необхідність обробки постійно зростаючих обсягів даних, а зменшення вуглецевого сліду передбачає трансформацію сектору генерації електроенергії на тлі зменшення експлуатаційного ресурсу діючих енергетичних потужностей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці, які досліджують питання цифровізації економіки України та її енергетичного сектору в першу чергу приділяють увагу цифровізації самої енергетичної сфери. Вони розглядають «удосконалення системи управління на енергетичних підприємствах в умовах цифрової економіки» [2], «цифровізацію енергетики» [3], діяльність паливно-енергетичного комплексу «в умовах становлення цифрової економіки» [4].

Вплив енергетики на цифровізацію розглядається вкрай обмежено. Переважно вказується на зростання споживання електричної енергії у сфері цифрової економіки. Наприклад, у майнінгу криптовалют [5, с.64-65] та роботі дата-центрів [6].

Дослідження питання оминається з позицій того, що сучасна та майбутня енергетична інфраструктура є необхідним базисом цифровізації економіки. Фактично вважається, що доцільна структура енергетичного комплексу - це давно вирішене питання і напрямком трансформації до альтернативних джерел генерації електроенергії є безальтернативним. Але проблематика значно глибша, особливо в конкретних українських реаліях домінування атомної генерації. Таким чином, невирішеною залишається проблема визначення доцільних напрямів енергетичного забезпечення цифрової трансформації економіки України в довгостроковій перспективі.

Мета дослідження. Виходячи з визначеної проблеми та огляду останніх публікацій, метою роботи є обґрунтування ролі атомної енергетики у становленні цифрової економіки України.

Глобальний тренд на цифровізацію та обумовлені цим енергетичні потреби. Цифрова економіка реалізується через господарську діяльність, в якій ключовим фактором виробництва є дані в цифровому вигляді, обробка великих обсягів та використання результатів аналізу, які в порівнянні з традиційними формами господарювання дозволяють вагомо підвищити ефективність різних видів виробництва, технологій, обладнання, зберігання, продажу, доставки товарів та послуг. [4, с.209]

Сьогодні складність новітніх технологій збільшується прямо-пропорційно їх доступності і більшість компаній, не залежно від масштабів та напрямків діяльності, стають на новий шлях ведення і розвитку бізнесу, що заснований на «Хмарах» (Cloud Firs)

Основною формою функціонування цифрової економіки є постійно наростаючий процес отримання різноманітної інформації та її обробки, тому і сама цифрова економіка визначається як явище інформаційне і основною опорною групою технологій, що будуть визначати розвиток відносин в області цифрової економіки є платформи у всіх їх проявах. Відбувається перерозподіл сфер впливу в кіберпросторі.

У цьому перерозподілі ключова роль сьогодні належить Сполученим Штатам Америки, хоча роль Китаю також постійно зростає. Зрозуміти сенс цього процесу, а також основні напрямки перетворень, які відбулися, можна, якщо ретроспективно звернутися до деяких аналітичних робіт періоду виникнення нового обличчя інформаційного простору.

Понад 15 років тому, в рамках ініціативи «Інформаційна революція» програми стратегічної оцінки Національної розвідувальної ради США, аналітична корпорація RAND провела ряд міжнародних наукових конференцій та семінарів, під час яких було вивчено та оцінено думку провідних експертів з проблеми трансформації суспільства під впливом інформаційної революції. Результати роботи були узагальнені експертами RAND у доповіді «Глобальний курс інформаційної революції: повторювані теми та регіональні варіації» (The Global Course of the Information Revolution: Recurring Themes and Regional Variations) [7], опублікованій влітку 2003 року.

Дослідження RAND на той час стало завершальним етапом багаторічної програми роботи, спрямованої на вивчення феномену глобалізації та інформаційної революції, рушійних сил розвитку сучасного суспільства, аналізу конфліктного потенціалу та виявлення потенційних загроз національній безпеці США в найближчі 10-20 років. Власне, сьогодні ми цілком можемо розумно порівняти цей прогноз з реальною картиною сучасних

подій. На початку 2000-х років дослідники відзначили, що прогрес в області інформаційних технологій вже торкнувся більшості сфер бізнесу, державної та громадської діяльності практично у всіх регіонах світу. Інформаційні технології та пов'язана з ними інформаційна революція стали одним з найбільш значущих факторів, що сприяють динамічній трансформації суспільства у бік його цифрової інформатизації.

Намагаючись максимально використовувати переваги інформаційної революції американські аналітики спробували передбачити розвиток технологій як в короткостроковій, так і в середньо- та довгостроковій перспективі.

Для більшості регіонів світу, які прагнуть використовувати досягнення інформаційної революції, експерти RAND відзначили наступне: розвиток нових технологій буде постійно стимулювати інформаційну революцію; інформаційна революція породить нові бізнес-моделі, які значно змінять бізнес та фінансовий світ; інформаційна революція суттєво вплине на механізми державного управління та створить нових політичних гравців; інформаційна революція залишиться багатогранною і буде формуватися соціальними та культурними цінностями; буде збережено багатofакторну форму та характеристики національного підходу до сприйняття інформаційної революції.

Крім того, експерти RAND передбачали ще в 2003 році основні тенденції розвитку геополітичної ситуації в світі в довгостроковій перспективі:

1. У найближчі 10-20 років США залишаться на передньому плані інформаційної революції.
2. Інформаційна революція в Європі буде розвиватися повільніше і дещо інакше ніж її розвиток у США та Канаді.
3. У найближчі 10-20 років ряд країн Азійського та Тихоокеанського регіонів продовжать свій стрімкий розвиток і масштабне використання інформаційних технологій.
4. Геополітичні тенденції, пропаговані інформаційною революцією, можуть ознаменувати нові виклики національній безпеці США та інших розвинених країн світу.

Як наслідок, під час технологічної революції залишиться нерівність окремих націй і регіонів планети, до того ж прискорення темпів технологічної революції призведе до поглиблення нерівності та до безпрецедентного зростання напруженості в усьому світі.

Цілком очевидно, що прогноз, зроблений п'ятнадцять років тому аналітиками RAND, сьогодні в значній мірі збувся. До того ж, в деяких областях ситуація змінювалася навіть швидше ніж очікували самі дослідники.

Сьогодні темпи розвитку американських і китайських цифрових економік вказують на велику ймовірність, що до 2035 року ці два світові лідери у розвитку та використанні цифрових платформ захоплять щонайменше 90% світових ринків.

Таким чином виникає питання, де брати енергію на реалізацію становлення цифрової економіки. Тому на глобальному рівні енергетичні системи стають ще більше стратегічно важливим напрямком розвитку всіх учасників світового економічного простору.

З вищенаведеного випливає, що одним з основних завдань національної економічної політики є забезпечення ефективного функціонування енергетичного комплексу.

Також суттєво актуалізує питання енергопостачання проблема ресурсної кризи. Вичерпність енергоносіїв сприяє стимулюванню енергозбереження, диверсифікації видів виробництва енергії, в тому числі за рахунок збільшення частки ядерної енергії.

Слід зазначити, що на початку третього тисячоліття разом зі стрімким розвитком відновлюваних джерел енергії, міжнародне енергетичне співтовариство після деякого застою, спричиненого аварією на Чорнобильській АЕС, почало говорити про світове відродження ядерної енергетики. Аварія на АЕС «Фукусіма» в 2011 році хоча і викликала питання про доцільність розвитку цієї галузі як складової енергокомплексу, але не гальмувала світові тенденції розвитку атомної енергетики, про це свідчить активне будівництво нових і модернізація існуючих АЕС в багатьох країнах світу.

Не дивлячись на те, що в останні десятиріччя споживання електроенергії в Україні зменшується, тенденції розвитку цифрової економіки формують потреби майбутнього в великих обчислювальних центрах. Штучний інтелект, віртуальні активи, в тому числі криптовалюти, електронні гроші, тенденції до заміни багатьох функцій, які виконуються людським ресурсом, сучасними технологіями. Це все вимагає побудови нових великих енергоспоживачів – дата-центрів, що будуть технічно супроводжувати всі алгоритмічні операції цифрового простору. Штучний інтелект повністю змінить світ, він здатний виявити закономірності в цих даних та застосувати їх у вирішенні проблем безпеки, медицини, бізнесу, державного управління і т.д.

За результатами 2018 р. загально світове споживання електроенергії дата-центрами склало 205 млрд. кВт/год, що дорівнює близько 1% глобального споживання. Відповідно до різних прогнозів з урахуванням поширення застосування Інтернету цей обсяг може збільшитися до 1,86% та навіть 2,13% глобального споживання енергії до 2030 р. [6, с.1]

Також постійне зростання споживання енергії демонструє майнінг криптовалюти – біткоїн. За результатами оцінювання в 2021 майнінг біткоїну буде вимагати 91 млрд. кВт/год електроенергії [8], що співставно зі споживанням електроенергії в Україні.

Тому не випадково в Україні розвивається співпраця між НАЕК «Енергоатом» та Bitfury Group, що розробляють будівництво дата-центрів біля АЕС. Наприклад, біля Рівненської АЕС планується створення дата-центр потужністю «250 МВт із нарощенням до 500 МВт» [9], що є важливим прикладом енергетичних потреб цифровізації економіки.

Чинний стан енергетики України. Структура енергетичної бази України формувалася протягом багатьох десятиліть і визначалася енергетичною політикою колишнього СРСР, а також використанням єдиної енергосистеми. Україна належала до енергодефіцитних держав, маючи можливість покрити свої потреби у вугіллі лише на 50%, у нафті – на 10-12%, у природному газі – на 20-25%. Згодом був узятий курс на розвиток ядерної енергетики [4]. У 70-80-х роках розгорнулося будівництво мережі атомних електростанцій. Першою з них стала Чорнобильська (Чорнобильська АЕС), блок №1 з яких був введений в експлуатацію в 1977 році, в наступні роки почалося будівництво Рівненської, Південно-української, Запорізької та Хмельницької станцій.

Через десятиріччя після закладення перших блоків АЕС на території сучасної України, атомна енергетика залишається стратегічно важливим елементом виробництва електроенергії. На сьогодні її внесок становить близько 50% електроенергії, виробленої в країні. Успішне функціонування атомної енергетики є однією з необхідних умов забезпечення національної безпеки країни.

Порівняно зі глобальною структурою виробництва електроенергії, а також порівняно з США та Німеччиною в Україні більша частка виробляється на АЕС (рис. 1). Близько 40% приходить ТЕС, джерелом енергії для яких є вугілля та газ. І лише 7,7% приходить на інші джерела енергії, до яких належать гідро-, вітро- та сонячні електростанції.

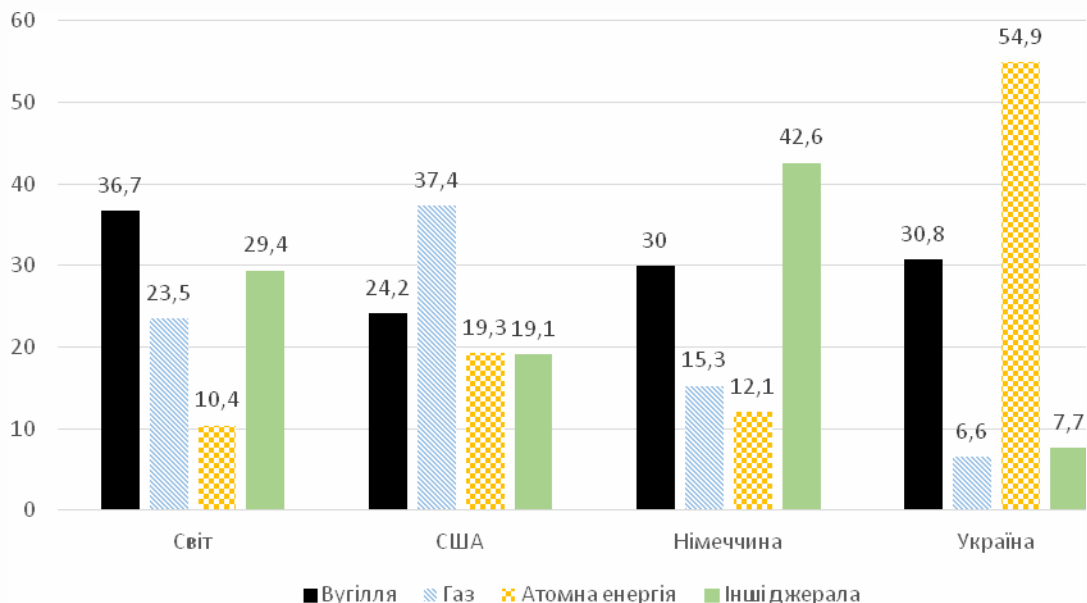


Рис. 1. Структура виробництва енергії в світі, США, Німеччині та Україні за даними 2018-2019 рр., %
Джерело: складено авторами за даними [10]

На сьогодні НАЕК «Енергоатом», який об'єднує чотири діючі українські АЕС – «прихований» донор українського бюджету і виробник більш ніж половини електроенергії для держави, яка є найдешевшою на енергоринку.

У таблиці нижче наведені основні дані про діючі АЕС України за даними Міністерства енергетики України.

Таблиця 1.
Термін експлуатації блоків АЕС України

Назва станції та № блоку	Тип реактора	Дата початку пром. експлуатації	Дата закінчення проектної експлуатації	Продовження терміну експлуатації
ЗАЕС №1	ВВЕР-1000	1985-12-25	2015-12-23	2025-12-23
ЗАЕС №2	ВВЕР-1000	1986-02-15	2016-02-19	2026-02-19
ЗАЕС №3	ВВЕР-1000	1987-03-05	2017-03-05	2027-03-05
ЗАЕС №4	ВВЕР-1000	1988-04-14	2018-04-04	2028-04-04
ЗАЕС №5	ВВЕР-1000	1989-10-27	2020-05-27	2030-05-27
ЗАЕС №6	ВВЕР-1000	1996-10-17	2026-10-21	
РАЕС №1	ВВЕР-440	1981-09-22	2010-12-22	2030-12-22
РАЕС №2	ВВЕР-440	1982-07-29	2011-12-22	2031-12-22
РАЕС №3	ВВЕР-1000	1987-05-16	2017-12-11	2037-12-11
РАЕС №4	ВВЕР-1000	2006-04-06	2035-06-07	
ХАЕС №1	ВВЕР-1000	1988-08-13	2018-12-13	2028-12-13
ХАЕС №2	ВВЕР-1000	2005-12-15	2035-09-07	
ЮУАЕС №1	ВВЕР-1000	1983-12-02	2013-12-02	2023-12-02
ЮУАЕС №2	ВВЕР-1000	1985-04-06	2015-05-12	2025-12-31
ЮУАЕС №3	ВВЕР-1000	1989-12-29	2020-02-10	2030-12-10

Джерело: складено авторами за даними [11]

Експерти Інституту проблем безпеки АЕС зазначають, що «багаторічний досвід експлуатації АЕС дозволяє обґрунтовано продовжити термін експлуатації на 20 - 30 років і більше понад проектний, і це стало стійкою тенденцією передових ядерних держав» [12. с.9]. Таким чином, максимально обґрунтований термін продовження експлуатації діючих блоків атомних електростанцій не перевищує 30 років, а в песимістичному сценарії складає лише 20 років (рис. 2).

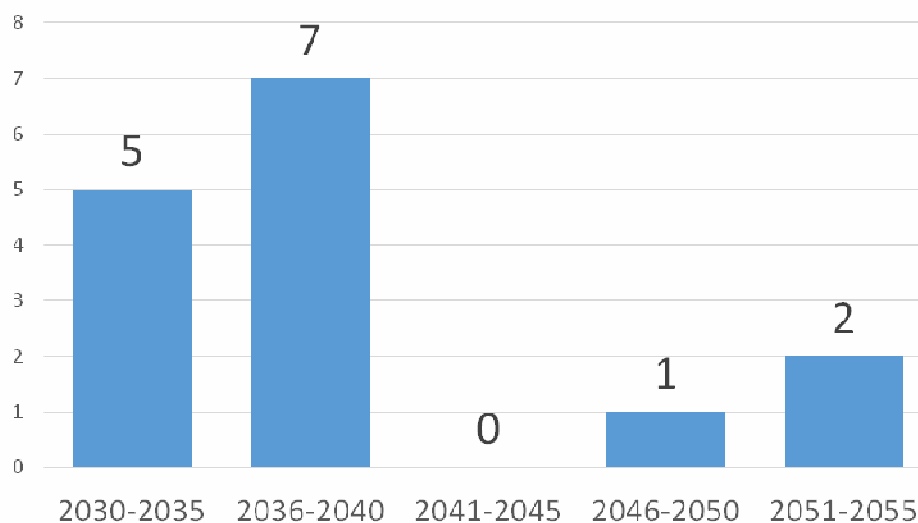


Рис. 2. Кількість блоків АЕС, які плануються вивести з експлуатації у разі продовження терміну їх експлуатації на 20 років

Джерело: складено авторами

На цю проблему акцентують увагу члени Кабінету Міністрів України. Таким чином, в Національній економічній стратегії на період до 2030 року ставиться завдання щодо «визначення плану дій щодо заміщення потужностей атомних електростанцій, які виводитимуться з експлуатації після 2030 року» [1, с. 162]. Але провідна роль АЕС у забезпеченні цифровізації економіки України знаходиться поза увагою.

Перспективні напрями енергетичного забезпечення в довгостроковій перспективі.

Використання атомної енергетики в Україні може виявитися одним з варіантів вирішення проблеми забезпечення енергією інформаційних світових процесів. В Україні існує ряд важливих факторів, що є привабливими при виборі місця розташування обладнання, зокрема міжнародних компаній у вигляді цифрових платформ на базі дата-центрів (табл. 2).

Таблиця 2.

Сприятливі фактори для розташування нових АЕС в Україні

Фактори	Обґрунтування впливу
Природні	Україна є сейсмічно стійкою країною, яка не схильна до природних катаклізмів
Кваліфікаційні	На території держави функціонує 4 АЕС, що свідчить про наявність кваліфікаційних знань по будівництву та утриманню інфраструктури АЕС
Трудові	Наявність високо кваліфікованих трудових ресурсів ,за ціною набагато нижчою ніж європейські або американські спеціалісти
Економічні	Стійка інфраструктура інституцій для підтримки та супроводження операційної діяльності на АЕС. Розвинена сітка ліній електропередач. Розвинений ринок енергетики.
Правові	Правове поле знаходиться на стадії становлення, прийняті закони, що дають податкові пільги при реалізації інвестиційних проектів . Законодавство не містить прямих заборон, щодо виду діяльності в атомній енергетиці

Джерело: складено авторами

Враховуючи довготривалість реалізації капітальних проектів в атомній енергетиці, на сьогодні потрібно реалізовувати як довгострокові проекти по будівництву ядерних реакторів, що вже реалізується на державному рівні ,так і короткострокові проекти. Наприклад, встановлення малих модульних ядерних реакторів.

В основі довготривалої стратегії розвитку АЕС України лежить будівництво нових реакторів, шляхом реалізації пілотного проекту щодо будівництва двох нових атомних енергоблоків на майданчику Хмельницької атомної електростанції. Саме це передбачає угода «Надання послуг з розроблення проекту AP-1000 на Хмельницькій АЕС», укладена між "Енергоатомом" та Westinghouse 22 листопада 2021. Ще один документ, підписаний паралельно, називається "Закупівля тренажера та обладнання з тривалим терміном постачання для проекту AP-1000 на Хмельницькій АЕС". Нові домовленості – це змістовне продовження меморандуму, який "Енергоатом" та Westinghouse підписали у вересні під час візиту української делегації до Вашингтону. Сам меморандум передбачає більш широке співробітництво і зведення п'яти енергоблоків за участі американської

компанії. Окрім Хмельницької АЕС, по одному блоку має з'явитися на Запорізькій, Південно-українській та Рівненській станціях.

Однак обмежуватися цим співробітництвом недоцільно, тому що з одного боку, компанія Westinghouse у 2017 році розпочала процедуру банкрутства, а з іншого – терміни реалізованих проєктів з будівництва блоків AP-1000 систематично переносяться, а кошторис збільшується. Отже, два блоки, що почали будувати ще у 2013 році на АЕС Вогтль, досі не підключені до мережі.

Тому доречно приділити увагу альтернативним шляхам розвитку атомної генерації - малим модульним реакторам (далі ММР). Концепти цих реакторів активно розробляються в нашому сьогоденні (рис. 3). Зараз в світі налічується понад 100 концептів ММР. Лідером за кількістю концептів є США.

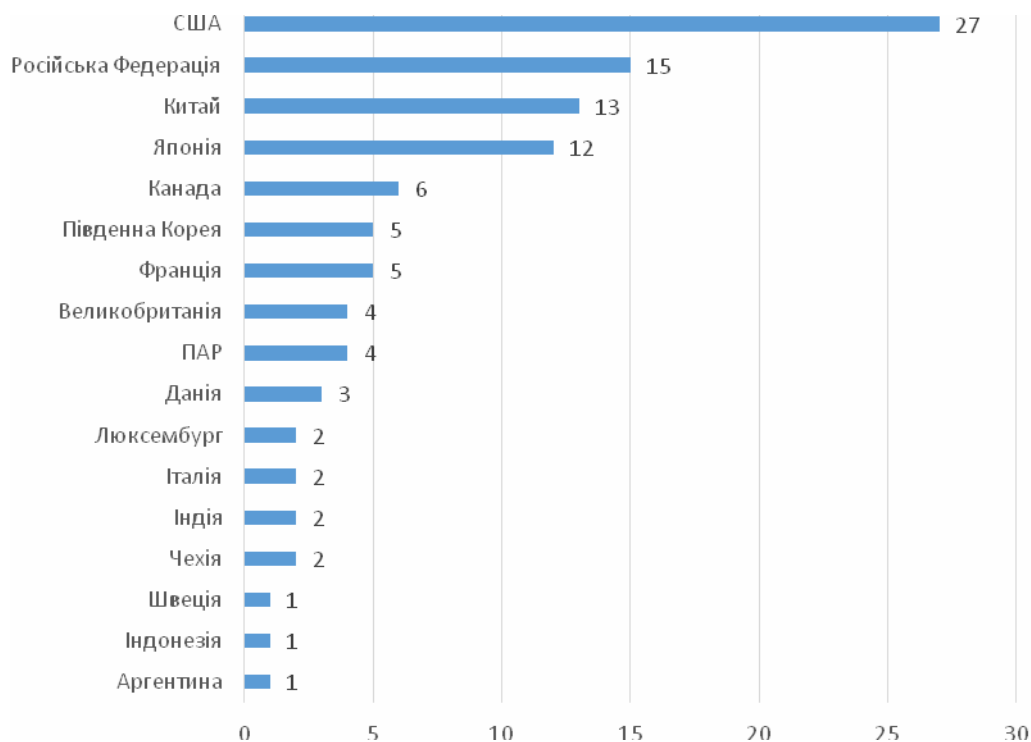


Рис. 3. Кількість концептів ММР за країнами

Джерело: складено авторами на основі [10]

Питання щодо використання ММР також опрацьовується в Україні. У 2019 році НАЕК «Енергоатом», ДНТЦ ЯРБ та Holtec International було підписано угоду про створення міжнародного консорціуму з «впровадження в Україні технології малих модульних реакторів (ММР) SMR-160» [13]. А за рік до того, «НАЕК «Енергоатом» та Holtec International підписали Меморандум про взаєморозуміння щодо співпраці у використанні малих модульних реакторів SMR-160 в Україні. У тексті Меморандуму зазначається, що він має на меті не лише ліцензування в Україні технології SMR-160 та подальше будівництво цих реакторів на АЕС України, а й часткову локалізацію виробництва обладнання для SMR-160 на українських підприємствах». [13] Але значних зрушень у реалізації цієї угоди не спостерігається.

Тому варто залучати інші компанії для створення «здорової» конкуренції та зменшення корупційних ризиків. Серед таких альтернатив можливо розглядати реактори трьох провідних світових компаній: ARC Clean Energy [16], TerraPower LLC [17] та NuScale Power LLC [18].

Також варто враховувати, «що, за інших рівних умов, ММР потужністю 200 МВт матиме вартість будівництва близько 40 відсотків вартості будівництва реактора потужністю 1000 МВт, тоді як він вироблятиме лише 20 відсотків електроенергії. Таким чином, ММР потужністю 200 МВт має приблизно вдвічі вищу вартість за 1 МВт потужності. Аналогічно, експлуатація ММР буде дорожче на 1 МВт потужності в порівнянні з великим реактором через економію на масштабі» [14, с.90-92].

Отже, однозначного пріоритету неможливо надати, ані будівництву великих АЕС, ані ММР, оптимальним рішенням є стимулювання підприємницької ініціативи бізнесу, який має необхідні технології та капітал. При цьому регулююча роль держави, що діяльності у сфері атомної енергетики має залишатися провідною та адекватно реагувати на наявні ризики, які стосуються трьох основних аспектів відносно приватної атомної енергетики: (1) протидія розповсюдження ядерної зброї, (2) безпечна експлуатація атомних об'єктів, (3) утилізація ядерних відходів. Так можна стверджувати, аналізуючи багаторічний досвід США та Великобританії

Маючи стійку сейсмічну систему, багатий досвід, здобутий на вже існуючих атомних станціях, в реалізації забезпечення енергетичних потреб людства та в області обслуговування атомно-енергетичного комплексу в сукупності з вище перерахованими заходами, дозволять Україні вийти на новий рівень розвитку в світі цифрової економіки та зайняти одну з провідних позицій в сучасному атомно-енергетичному просторі світових лідерів.

Також варто зазначити, що Закон України «Про державну підтримку інвестиційних проектів із значними інвестиціями в Україні» [19], який вступив в силу 13 лютого 2021 року надає значних пільг на суму інвестицій еквівалентну 20 млн. ЄВРО та передбачає: (1) Звільнення від сплати податку на прибуток (зараз 18%) протягом 5 років; (2) Звільнення від оподаткування ввізним митом (група 84 на сьогодні від 0-10%) та податком на додану вартість (на сьогодні 20%) нового устаткування обладнання та комплектуючих виробів до нього, що ввозяться для реалізації інвестиційного проекту; (3) Зменшення ставок земельного податку та орендної плати за землі державної та комунальної власності або звільнення від земельного податку (від 1% до 12% в залежності від регіону). Ці три позиції важливі при інвестуванні в побудову малих АЕС, особливо при дата-центрах чи великих виробничих підприємствах.

Висновки. Цифровізація економіки з кожним роком вимагає все більше енергетичних ресурсів. І хоча цей обсяг на сьогодні складає незначну частку від глобального обсягу виробництва та споживання енергії, ситуація в довгостроковій перспективі може змінитися, що вимагатиме створення додаткових енергетичних потужностей.

В чинній структурі виробництва електроенергії України домінуючу роль відіграють АЕС. Вони є основою енергозабезпечення країни та залишаться такими в найближчі десятиліття. Переважно завдяки енергії, виробленої АЕС, буде відбуватися розвиток цифрової економіки України.

Якщо Україна не встигне провести заміщення існуючих блоків АЕС на нові протягом 2040-2050 років, буде не лише поставлена під загрозу енергетична безпека країни та можливість подальшої цифрової трансформації економіки, а також буде втрачено суттєву частку людського капіталу країни, тому що атомна енергетика є високотехнологічною галуззю та потребує спеціалістів високого рівня підготовки в різних наукових областях. На сучасному етапі розвитку світової атомної енергетики «ядерні» знання є національним стратегічним ресурсом. Тому на рівні держави потрібно розробити та запровадити програми по збереженню та передачі ядерно технологічних знань, як ресурсу, що визначатиме політичні та економічні реалії України в найближчому майбутньому.

Заміщення чинних АЕС новими можливе за двома напрямками: (1) будівництво нових «великих» АЕС або (2) будівництво ММР. Кожен з напрямів має свої переваги та недоліки. Тому враховуючи вкрай обмежені державні фінансові ресурси, доцільно опрацювати можливість залучення приватного капіталу для одночасного руху в обох напрямках з метою мінімізації ризиків.

Рекомендації.

1. Необхідно удосконалення існуючих методичних підходів та критеріїв для вибору реакторних установок для існуючих АЕС України, а також для нових малих, зокрема приватних АЕС, впровадження яких в національну енергосистему України вже є сучасною необхідністю та одним з провідних напрямків розвитку цифрової економіки в Україні, що буде стимулювати надходження інвестиційних потоків та побудові індустріальних долин на базі роботи дата-центрів, потреба в яких для використання штучного інтелекту в світі забезпечена на сьогодні тальки на 14% (за даними менеджера компанії Bitfury Group Владислава Радича). В цих умовах слід підтримувати схему вибору для України малих ядерних реакторів, що пройшли апробацію та відповідають вимогам сучасних інноваційних технологій

2. Підготувати Державним комітетом ядерного регулювання України необхідні нормативно-правові документи, що регулюватимуть процес вибору ядерних реакторів для нових АЕС на найближчі 10-15 років.

3. В рамках діючих програм НАН України дослідити можливості використання в Україні перспективних малих ядерних реакторів майбутнього зі значно більшим рівнем безпеки в порівнянні з існуючими та значно меншим впливом на зовнішнє середовище.

Напрями подальших досліджень. В подальших дослідженнях доречно розглянути наступні питання:

- поглиблення порівняльного аналізу доцільності та економічної ефективності будівництва та експлуатації класичних «великих» АЕС і ММР в Україні, пошуку можливостей для їх одночасного використання;

- розробка державних програм спрямованих на локалізації виробництва ММР;

- Опрацювання та удосконалення нормативно-правового забезпечення розвитку приватної сфери будівництва та експлуатації великих АЕС і ММР, а також інших об'єктів пов'язаних з ними та об'єктів інфраструктури.

Список використаної літератури.

1. Національна економічна стратегія на період до 2030 року. Постанова Кабінету Міністрів України від 03 березня 2021 р. № 179. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179> (дата звернення: 10.12.2021)

2. Савчук С.В. Удосконалення системи управління на енергетичних підприємствах в умовах цифрової економіки: дис. ... д-ра філософії: спеціальність 073 (менеджмент) / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2021. 242 с.

3. Аналіз перспектив розвитку цифрової енергетики в Україні / О. Г. Гриб [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.: Гідравлічні машини та гідроагрегати. Харків : НТУ "ХПІ", 2020. № 1. С. 85-90.

4. Ткачева В.Л., Гриняев С.Н., Правиков Д.И., Фатьянов А.А., Шушкевич Ю.А. Топливно-енергетический комплекс в эпоху становления цифровой экономики: монография. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2019. 209 с.

5. Вишневецький О.С. Цифрова платформізація процесу стратегування розвитку національної економіки: монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2021. 449 с.
6. Koot M., Wijnhoven F. Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model. *Applied Energy*. 2021. Volume 291. P.1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116798>. (дата звернення: 14.12.2021)
7. Hundley R., Anderson R., Bikson T., Neu R. The Global Course of the Information Revolution: Recurring Themes and Regional Variations. Santa Monica: RAND Corporation, 2003. 218 p. URL: https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1680.html (дата звернення: 16.12.2021)
8. Kim E. Bitcoin mining consumes 0.5% of all electricity used globally and 7 times Google's total usage. Insider. Sep 7, 2021 URL: <https://www.businessinsider.com/bitcoin-mining-electricity-usage-more-than-google-2021-9> (дата звернення: 15.12.2021)
9. Порядок із РАЕС збудують перший дата-центр в західній Україні. Рівненська обласна державна адміністрація. URL: <https://www.rv.gov.ua/news/poryad-iz-raes-zbuduyut-pershij-data-centr-v-zahidnij-ukrayini> (дата звернення: 18.12.2021)
10. Prioro I. Concise overview of Nuclear-Power Industry of the World. Ontario Tech University. 12/12/2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IT1m1QgjCqk> (дата звернення: 16.12.2021)
11. НЕК "Укренерго", DiXi Group Стан блоків АЕС,ТЕС та ТЕЦ https://map.ua-energy.org/uk/search/resources/?search_query=%D0%90%D0%95%D0%A1 (дата звернення: 13.12.2021)
12. Скалозубов В. И., Ключников А. А., Лещетная Е. С. Основы продления эксплуатации АЭС с ВВЭР: монография. Чернобыль (Киев, обл.): Ин-т проблем безопасности АЭС, 2011. 384 с.
13. Енергоатом, ДНТЦ ЯРБ та Holtec International підписали Угоду про створення міжнародного консорціуму. НАЕК «Енергоатом». URL: <http://www.energoatom.com.ua/ua/press-centr-19/novini-kompanii-20/p/energoatom-dntc-arb-ta-holtec-international-pidpisali-ugodu-pro-partnerstvo-aka-peredbaeae-stvorennia-mizn-arodnogo-konsorciumu-45069> (дата звернення: 17.12.2021)
14. Ramana M. V. Small Modular and Advanced Nuclear Reactors: A Reality Check. IEEE Access. 2021. Vol.9. P. 42090-42099. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9374057> (дата звернення: 16.12.2021)
15. «Атомна енергетика України» Південно-Українська АЕС с.1 https://www.sunpp.mk.ua/ru/nuclear/ukraine_power_engineering (дата звернення: 15.12.2021)
16. ARC Clean Energy. URL:<https://www.arcenergy.co/>(дата звернення: 14.12.2021)
17. TerraPower LLC. URL:<https://www.terrapower.com/our-work/natriumpower/> (дата звернення: 16.12.2021)
18. NuScale Power LLC .URL:<https://www.nuscalepower.com/>(дата звернення: 16.12.2021)
19. Закон України 1116-IX «Про державну підтримку інвестиційних проєктів із значними інвестиціями в Україні» від 17.12.2020р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#Text> (дата звернення 18.12.2021)

References.

1. Cabinet of Ministers of Ukraine (2021), Resolution “National economic strategy for the period up to 2030”, available at: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179> (Accessed 10 December 2021).
2. Savchuk, S.V. (2021), “Improving the management system at energy companies in the digital economy”, Abstract of PhD. dissertation, Management, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
3. Hryb, O.H. (2020), “Analysis of prospects for the development of digital energy in Ukraine”, *Bulletin of the National Technical University "KhPU”*, vol 1, pp. 85-90
4. Tkacheva, V.L., Hryniaev, S.N., Pravykov, D.Y., Fat'ianov, A.A. and Shushkevych, Yu.A. (2019), Toplivno-jenergeticheskij kompleks v jepohu stanovlenija cifrovoj jekonomiki [Fuel and energy complex in the era of digital economy], I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia.
5. Vyshnevskij, O.S.(2021), Tsyfrova platformizatsiia protsesu stratehuvannia rozvytku natsional'noi ekonomiky [Digital platforming of the process of strategizing the development of the national economy], Institute of the Industrial Economics of the National Academy of Sciences Kyiv, Ukraine.
6. Koot, M. and Wijnhoven, F. (2021), “Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model”, *Applied Energy*, Vol. 291, pp.1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116798>.
7. Hundley, R., Anderson, R., Bikson, T. and Neu, R. (2003), “The Global Course of the Information Revolution: Recurring Themes and Regional Variations”, RAND Corporation, available at: https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1680.html (Accessed 16 December 2021).
8. Kim, E. (2021), “Bitcoin mining consumes 0.5% of all electricity used globally and 7 times Google's total usage”, Insider, vol. Sep 7, available at: <https://www.businessinsider.com/bitcoin-mining-electricity-usage-more-than-google-2021-9> (Accessed 15 December 2021).
9. The official site of Rivnens'ka oblasna derzhavna administratsiia (2021), “The first data center in western Ukraine will be built next to RNPP”, available at: <https://www.rv.gov.ua/news/poryad-iz-raes-zbuduyut-pershij-data-centr-v-zahidnij-ukrayini> (Accessed 15 December 2021)
10. Prioro, I. (2021), “Concise overview of Nuclear-Power Industry of the World”, Ontario Tech University, available at: <https://www.youtube.com/watch?v=IT1m1QgjCqk> (Accessed 16 December 2021)

11. The official site of DiXi Group, (2021), “Condition of NPP, TPP and CHP units”, available at: https://map.ua-energy.org/uk/search/resources/?search_query=%D0%90%D0%95%D0%A1 (Accessed 13 December 2021)
12. Skalozubov, V. Y., Kliuchnykov, A. A. and Leschetnaia, E. S.(2011), Osnovy prodlenija jekspluatacii AJeS s VVJeR [Fundamentals of extending the operation of nuclear power plants with VVER], Institute for NPP Safety Problems, Chernobyl (Kyiv, distr.), Ukraine.
13. The official site of NNEG “Energoatom” (2021), “Energoatom SSTC NRS and Holtec International have signed an agreement to establish an international consortium”, available at: <http://www.energoatom.com.ua/ua/press-centr-19/novini-kompanii-20/p/energoatom-dntc-arb-ta-holtec-international-pidpisali-ugodu-pro-partnerstvo-aka-peredbacae-stvorena-mizn-arodnogo-konsorciumu-45069> (Accessed 17 December 2021)
14. Ramana, M. V.(2021), “Small Modular and Advanced Nuclear Reactors: A Reality Check”, *IEEE Access*, Vol.9, pp.490-499, available at: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9374057> (Accessed 16 December 2021)
15. The official site of South-Ukrainian NPP (2021), “Nuclear Energy of Ukraine”, available at: <https://www.sunpp.mk.ua/ru/nuclear/ukraine-power-engineering> (Accessed 15 December 2021)
16. The official site of ARC Clean Energy (2021), available at: <https://www.arcenergy.co/>(Accessed 14 December 2021)
17. The official site of TerraPower LLC (2021), available at: <https://www.terrapower.com/our-work/natriumpower/> (Accessed 16 December 2021)
18. The official site of NuScale Power LLC (2021), available at: <https://www.nuscalepower.com/>(Accessed 16 December 2021)
19. The Verkhovna Rada of Ukraine (2020), The Law of Ukraine “On state support of investment projects with significant investments in Ukraine”, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#Text> <https://www.nuscalepower.com/> (Accessed 18 December 2021).

Стаття надійшла до редакції 20.12.2021 р.