

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕКТОР УКРАЇНИ: КРАХ ЧИ ВИЖИВАННЯ

© 2018 СКРИПНИК А. В., НАМ'ЯСЕНКО Ю. О., САБИЩЕНКО О. В.

УДК 330.5:620.91(477)

Скрипник А. В., Нам'ясенко Ю. О., Сабіщенко О. В.

## Енергетичний сектор України: крах чи виживання

Розглянуто стан основних традиційних енергетичних галузей української економіки: гідроенергетики, ядерної, теплової, що введено в дію за часів планової економіки. Аналіз гідроенергетики виявив її надзвичайну неефективність з позицій використання площі для отримання одиниці електроенергії (1 Твт. год/рік), яка складає для каскаду дніпровських ГЕС 900 кв. км, що суттєво перевищує показники світової гідроенергетики (53 кв. км). Існування каскаду Дніпровських ГЕС призвело до практичного знищення судноплавства, внаслідок чого країна несе щорічні збитки від 400 до 700 млн USD. Існуюча ядерна енергетика, стан безпеки якої підтримується за рахунок ЄС, наближується до граничного терміну експлуатації в 50 років, що не може не вплинути на зростання рівня аварійності. Що стосується діючої теплової енергетики, то вона також наближується до максимально можливого терміну експлуатації та не задовольняє сучасним вимогам ані за вхідно-вихідною енергоефективністю, ані за допустимим рівнем викидів забруднюючих речовин. Внаслідок цього потрібно скоріше здійснити перехід до відновлюваної енергетики, однак її темпи зростання суттєво менші, ніж заплановано в Енергетичній стратегії. Тому пропонується варіант розвитку, що допоможе подолати наступ національної енергетичної кризи шляхом залучення інвестицій (зростання ставок за викиди та відміна ПДВ на ввіз сучасного обладнання для ТЕС) в сучасну ефективну й екологічну теплоенергетику та стимуляція відновлюваної енергетики шляхом усунення обмеження максимальної потужності для користувачів зеленого тарифу й обґрунтування зростання тарифів за енергетику в найближчій перспективі.

**Ключові слова:** енергетична стратегія, енергоефективність, викиди, техногенні катастрофи, відновлювана енергетика.

**Рис.:** 8. **Табл.:** 6. **Бібл.:** 27.

**Скрипник Андрій Васильович** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

**E-mail:** avskripnik@ukr.net

**Нам'ясенко Юрій Олександрович** – аспірант, кафедра економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

**E-mail:** yuraoralexandrov@gmail.com

**Сабіщенко Олександр Володимирович** – магістрант, факультет менеджменту, Вища школа бізнесу в Домброві Гурнічій (вул. Чепляка, 1С, Домброва Гурніча, 41-300, Польща)

**E-mail:** sabinet@ukr.net

УДК 330.5:620.91(477)

UDC 330.5:620.91(477)

## Скрипник А. В., Нам'ясенко Ю. О., Сабіщенко О. В. Енергетический сектор Украины: крах или выживание

Рассмотрено состояние основных традиционных энергетических отраслей украинской экономики: гидроэнергетики, ядерной, тепловой, которые введены в строй еще во времена плановой экономики. Анализ гидроэнергетики обнаружил ее чрезвычайную неэффективность с точки зрения использования площадей для получения единицы электроэнергии (1 Твт. час / год), которая составляет для каскада днепровских ГЭС 900 кв. км, что существенно превышает показатели мировой гидроэнергетики (53 кв. км). Существование каскада Днепровских ГЭС привело к практическому уничтожению судоходства, в результате чего страна несет ежегодные убытки от 400 до 700 млн USD. Существующая ядерная энергетика, состояние безопасности которой поддерживается за счет ЕС, приближается к предельному сроку эксплуатации в 50 лет, что не может не повлиять на рост уровня аварийности. Что касается действующей тепловой энергетики, то она также приближается к максимально возможному сроку эксплуатации и не удовлетворяет современным требованиям ни по входной-выходной энергоэффективности, не по допустимому уровню выбросов загрязняющих веществ. Вследствие перечисленного необходимо осуществить переход к возобновляемой энергетике, однако ее темпы роста существенно меньше, чем запланировано в Энергетической стратегии. Поэтому предлагаемый вариант развития поможет преодолеть наступление национального энергетического кризиса путем привлечения инвестиций (рост ставок за выбросы и отмена НДС на ввоз современного оборудования для ТЭС) в современную эффективную, экологическую теплоэнергетику и стимуляцию возобновляемой энергетики путем устранения ограничения максимальной мощности для пользователей зеленого тарифа и обоснования роста тарифов на энергетику в ближайшей перспективе.

## Skrypnyk A. V., Namiashenko Yu. O., Sabishchenko O. V. The Power Sector of Ukraine: Collapse or Survival

There considered the state of the basic traditional power industries of the Ukrainian economy: hydropower, nuclear, thermal one, which were put into operation as far back as in the time of the planned economy. The analysis of the hydropower industry has revealed its extreme inefficiency in terms of the use of space for the generation of a unit of electricity (1 TWh / year), which makes up 900 sq. km for the cascade of the Dnieper HPPs. This significantly exceeds the figures of the world hydropower industry (53 sq. km). The existence of the cascade of the Dnieper HPPs led to the practical destruction of shipping, as a result of which the country incurs annual losses from USD400 to 700 million. The existing nuclear power industry, whose security state is supported by the EU, is approaching the service life limit of 50 years, which cannot but affects the growth of the accident rate. As regards the existing thermal power industry, it is also approaching the limit of its possible service life and does not meet modern requirements either for input-output energy efficiency, not for the permissible level of pollutant emissions. Consequently, it is necessary to make a transition to the renewable power industry, but its growth rate is much less than is planned in the Energy Strategy. Therefore, the proposed development option will help overcome the onset of a national energy crisis by attracting investments (the increase in emission tax rates and the abolition of VAT for the import of modern equipment for TPPs) in modern efficient thermal power industry and stimulation of renewable power industry by eliminating the maximum power limit for green tariff users and justifying the growth of tariffs for energy in the short term.

**Keywords:** energy strategy, energy efficiency, emissions, technogenic catastrophes, renewable energy.

**Ключевые слова:** энергетическая стратегия, энергоэффективность, выбросы, техногенные катастрофы, возобновляемая энергетика.

**Рис.: 8. Табл.: 6. Библ.: 27.**

**Скрипник Андрей Васильевич** – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборон, 15, Киев, 03041, Украина)

**E-mail:** avskripnik@ukr.net

**Намясенко Юрий Александрович** – аспирант, кафедра экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборон, 15, Киев, 03041, Украина)

**E-mail:** yuraupalexandrov@gmail.com

**Сабиченко Александр Владимирович** – магистрант, факультет менеджмента, Высшая школа бизнеса в Домброве Гурничей (ул. Чепляка, 1С, Домброва Гурничя, 41-300, Польша)

**E-mail:** sabinet@ukr.net

**Fig.: 8. Tbl.: 6. Bibl.: 27.**

**Skrypnyk Andrii V.** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

**E-mail:** avskripnik@ukr.net

**Namiasenko Yuriy O.** – Postgraduate Student, Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

**E-mail:** yuraupalexandrov@gmail.com

**Sabishchenko Oleksandr V.** – Graduate Student, Faculty of Management, Graduate School of Business in Dabrowa Gornicza (1C Chepliaka Str., Dabrowa Gornicza, 41-300, Poland)

**E-mail:** sabinet@ukr.net

Летаргічний і благосний сон, в якому знаходилося українське суспільство більш ніж четверть століття своєї незалежності, призвів до цілком очікуваних наслідків. Країна опинилась у важкому економічному становищі але, на наш погляд, найбільш критична ситуація склалась в енергетичному секторі. Весь цей час тривала запекла боротьба між «адміністративно-економічними групами» за розподіл ресурсів, які залишилися з часів планової економіки [27]. При цьому більшість населення залишалось в поліні уявлень про те, що суспільні блага, які гарантовані ще з часів соціалізму і були збережені в діючій конституції, повинні забезпечуватись державою. Отримавши у спадок від колишнього СРСР економіку, спрямовану на всебічну підтримку та розвиток оборонної галузі (енергетика, металургія, а вже потім – машинобудування), нові власники стрімко переорієнтували металургію до постачання напівфабрикатів на експорт. Це надало достатньо тривалий поштовх українській економіці, який закінчився з наступом світової економічної кризи 2008–2009 рр.

Відкрита та недиверсифікована економіка України виявилась слабкою ланкою світової економіки, що призвело до другого серед світових економік падіння ВВП [8]. Цьому сприяла пануюча на той час в керівництві країни та провідних наукових закладах концепція ендогенного розвитку і це для країни з відкритою недиверсифікованою економікою, нерозвинутим фінансовим сектором і надзвичайно неефективним керівництвом.

Криза закінчилась, світова економіка розвивається з темпами 3–4 %, проте в мінливому світі докризисні джерела зростання України вже не працювали.

Слід підкреслити, що всі післякризові роки були сприятливими для експорту української електроенергії.

Однак наявність надлишків електроенергії свідчить не про робочий стан української енергетики, а скоріше про важкий стан енергоспоживаючих галузей економіки. Взагалі вважається, що рівень розвитку енергетики значною мірою визначає рівень розвитку національної економіки, однак відношення питомого ВВП (ВВП/А) та питомого енергоспоживання (на людину) в Україні вдвічі менше, ніж середньосвітовий [6]. Тобто, на перший погляд, існуючий

енергетичний комплекс має потенціал забезпечити двократне зростання ВВП за рахунок зростання енергоефективності. Так це чи ні, та який реальний стан енергетичного сектора економіки України – тема дослідження цієї публікації.

**Огляд останніх публікацій.** В останні роки енергетичні сектори розвинутих країн знаходяться у періоді стрімкої трансформації, яка обумовлена зміною суспільної думки відносно основних життєвих пріоритетів переважної частки суспільства. Це, у першу чергу, зростання рівня суспільних вимог відносно стану довкілля [21]. Внаслідок цього відбувається суттєва перебудова світової енергетики на користь генерацій, що не погіршують стан довкілля та не споживають викопних енергоресурсів (нафти, вугілля, природного газу, уранової руди та інших) [16; 17; 22; 23].

В той же час енергетика України залишається в стані, характерному для другої половини ХХ ст., коли значну частку споживання забезпечувала теплоенергетика, хоча в ряді країн успішно розвивалась ядерна енергетика. Розвиток ядерної енергетики в ці роки був щільно пов'язаний з існуючою на той час напругою у відношенні між двома соціальними системами, яка реалізовувалась у розробці потужних систем ядерного озброєння. Тому світові лідери в галузі озброєнь США та СРСР були лідерами в розвитку ядерної енергетики – постачальника сировини для виробництва ядерних боеголовки. Внаслідок недосконалості обладнання ті роки характеризувались значною кількістю аварій на об'єктах ядерної енергетики, хоча значні катастрофи відбулись порівняно нещодавно [20]. З часом технології і обладнання на об'єктах ядерної енергетики покращувались, і кількість аварій зменшилась, однак у міру зростання ступеня зносу обладнання діючих реакторів ризики експлуатації зростають [19].

Кардинальна зміна відношення до перспектив ядерної енергетики в розвинутих країнах [19; 23] та суттєве скорочення ядерних програм країнами, що розвиваються, на наш погляд, повинно вплинути на перегляд перспектив української ядерної енергетики, що викладено в Енергетичній стратегії України до 2035 року [2]. Крім ядерної енергетики, в Стратегії великі надії покладаються на біоенерге-

тику, яка повинна забезпечити обсяги генерованої енергії в розмірі 11 млн т. нафтового еквіваленту, в той час коли вітрова і сонячна разом в розмірі 10 млн т. [2]. Головним важелем, що повинен сприяти вирішенню цих величезних завдань, на думку авторів програми, повинен стати «Зелений тариф», структура і механізм дії якого суттєво відрізняються від тарифів країн ЄС [1; 16]. Слід підкреслити, що, крім Енергетичної стратегії 2035, існує і варіант розвитку національної енергетики створений Інститутом загальної енергетики НАН України, в якому взагалі вважається не доцільним розвиток відновлюваної енергетики (її внесок в енергетичний баланс у 2035 році на рівні декілька відсотків [3]). Загальним недоліком обох національних програм є відсутність обґрунтованих оцінок інвестицій, необхідних для досягнення запланованих показників розвитку. Не є достатньо обґрунтованим питання взаємозалежності енергетичного сектора і темпів економічного розвитку [4]. Крім того, в програмі інституту Загальної енергетики повністю відсутні екстернальні ефекти, які створює енергетичний сектор для суспільства та інших галузей економіки. Жодна з наведених національних програм не розглядає питання реального стану трьох головних на цей час енергетичних секторів національної енергетики: теплоенергетики, ядерної енергетики та гідроенергетики. А якщо їх технологічний стан не розглядається, то з кола питань випадає можливість виникнення стохастичних екстерналій (техногенних катастроф), яка відповідно до світової статистики повинні розглядатись при подальшій експлуатації об'єктів ядерної енергетики [20].

**Метою** наведеної роботи є об'єктивний аналіз реалістичності Енергетичних стратегій з урахуванням поточного стану енергетики, важелів державного регулювання та інвестиційних можливостей суб'єктів діючої економіки (бізнесу та населення).

**Викладення основного матеріалу.** Стан основних складових енергетичного сектора економіки України по-

чнено з аналізу гідроенергетики. За середньовиваженого відносно потужностей терміну експлуатації діючих ГЕС гідроенергетика відноситься до найстарішої з енергетичних галузей. В деяких випадках статистика відносить гідроенергетику до відновлювальної енергетики, і у випадку нашої країни це суттєво підвищує частку відновлювальної енергетики в загальному енергоспоживанні. Для України – це неприпустимо, в першу чергу, тому що створення української гідроенергетики вже завдало непоправної екологічної, економічної, соціальної, історичної і культурологічної шкоди, яка внаслідок швидко мінливих зовнішніх умов (клімат, торгівля, зовнішні загрози) збільшується з кожним роком [7]. Для наочної ілюстрації цього твердження наведемо кількісні оцінки площ, що використовуються для виробництва електроенергії в обсязі 1 Твт. год /рік (1 млрд квт. год/рік). Середній світовий показник становить 54 кв. км на одну 1 Твт. год /рік (рис. 1), однак для України цей показник у 17 разів більший і це – за рахунок родючої землі, яка в змозі виробляти продукції вартістю, що суттєво перевищує вартість електроенергії, що виробляється ГЕС\*.

Цікаво, що найменш ефективною відносно площ є біоенергетика, однак за її допомогою з площ водосховищ можна отримати на 66 % більше енергії, ніж виробляють українські ГЕС.

Однак існування каскаду дніпровських водосховищ створює інші збитки: це не тільки втрати від неефективного використання площ, але і збитки від практично повної втрати річного судноплавства.

Враховуючи експортну спрямованість аграрного сектора та переважно морський шлях подальшої доставки продукції, транспортування до чорноморських портів здійснюється залізничним або автомобільним транспортом. Це відбувається внаслідок непомірних тарифів, встановлених керівництвом ГЕС на проходження шлюзів гребель водосховищ. Зробимо оцінки щорічних суспільних втрат унаслідок невикористання Дніпра як транспортної артерії.

Питомі витрати землі, км кв./Твт год/рік

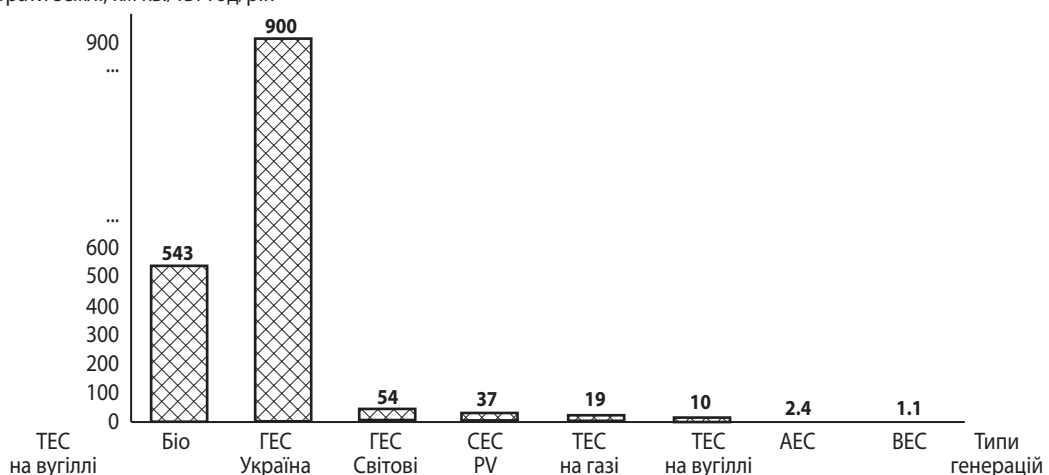


Рис. 1. Площа, що використовується для виробництва 1Твт.год/рік різними типами генерації

Джерело: [7; 24], власні розрахунки

\* Останнім часом внаслідок зростання тарифів на електроенергію ці показники практично вирівнялися і складають від 200 до 400 млн USD на рік.

Для оцінок втрат використовуємо наближення центру тяжіння, що використовується у класичній фізиці. Розрахуємо центр тяжіння виробництва зернових за даними 2016 року. Частка виробництва в кожній з областей є аналогом ваги, як координата приймається координата обласного центру. Координати центру ваги виробництва зернових є зважені за вагами обласного виробництва координати обласних центрів. В результаті ми отримуємо таку оцінку координат центру виробництва зернових в Україні: широта  $\phi = 49^{\circ}12'$  пн. ш., довгота  $\theta = 31^{\circ}36'$  сх. д., тобто центр виробництва зернових розташовано на відстані 40 км у південно-східному напрямку від Черкас. Вважаємо Одесу з координатами  $\phi = 46^{\circ}28'$ ;  $\theta = 30^{\circ}44'$  кінцевим пунктом призначення, оцінимо відстань постачання у 311 км. Оцінимо річковий маршрут: за Дніпром на 50 % довше, ніж автомобільний; середній обсяг експорту за 2016–2017 роки оцінюється у 40,5 млн т. Крім того, наведемо оцінки вартості перевезення тонни вантажу на відстань 100 км: річним – \$4,5; залізничним – \$7,8; автомобільним – \$11,2 [7]. Враховуючи, що аграрна продукція перевозиться автомобільним транспортом, щорічні збитки можна оцінити:

$$\Delta C = 40,5 \cdot 10^6 \cdot 3,11 \cdot (1,2 - 1,5 \cdot 4,5) \approx 550 \cdot 10^6 \text{ USD.}$$

Звичайно, ця оцінка не може бути точною: якщо вважати, що обсяги експорту, тривалість маршруту та оцінка витрат на 1 км мають 10 % відносну похибку, то для добутку цих величин їх відносні похибки додаються, а відносна похибка втрат дорівнює 30 %, або 165 млн USD.

Тобто щорічні прямі втрати від відсутності судноплавства на Дніпрі за рахунок тільки транспортування аграрного експорту до чорноморських портів належать проміжку від 400 до 700 млн USD.

Крім перерахованих вище економічних втрат, каскад Дніпровських ГЕС створює ризики виникнення техногенних катастроф (штучного цунамі внаслідок порушення греблі). Якщо базуватись на світовій статистиці порушення гребель водосховищ: ймовірність порушення  $p=0,0001$  на рік для будь-якої греблі, то очікувані річні збитки для м. Києва складають на 5-відсотковому рівні значущості 51 млн USD. Однак враховуючи сучасний стан національної безпеки в умовах відкритої агресії з боку РФ, ця ймовірність повинна бути збільшена, оскільки підтримка на звичайному рівні ймовірності порушення всіх дніпровських водосховищ коштує значних витрат.

Що стосується функцій згладжування нерівномірності енергоспоживання, які виконує декілька електростанцій дніпровського каскаду, то в будь-якому випадку перехід до відновлюваної енергетики потребує вирішення цього питання на принципово іншому якісному рівні, оскільки розвиток відновлювальної енергетики сприяє удосконаленню технологій збереження електроенергії, які вже довели свою ефективність у південній Австралії (вітрова ферма потужністю 325 Мвт доповнена акумуляторами з характеристиками 100 Мвт/129 [26]).

Внаслідок глобального потепління відбувається стрімке погіршення якості дніпровської води, цвітіння якої починається суттєво раніше, ніж в минулі роки. Таким чином, спростовується одна з другорядних причин їх створення (першочерговою, звичайно, була електрогенерація),

існування великих резервуарів води для різних видів споживання. Що стосується екологічних втрат, то це, в першу чергу, додаткові втрати на очищення води для споживання мешканців прибережних регіонів та втрати рекреаційного потенціалу дніпровського узбережжя внаслідок цвітіння. Зупинимось на ресурсах, що потрібні для демонтажу каскаду. Звичайно, дефіцитний український бюджет не в змозі профінансувати такий величезний проект. З появою ринку землі країна отримає фінансові ресурси, необхідні для початку реалізації проекту. Так, площа київського водосховища складає 880 кв. км (88 тис. га) і при ціні 1 000 USD/га можна отримати фінансовий ресурс у 88 млн USD.

Розглянемо детальніше стан української атомної енергетики. Сумарна номінальна потужність 15 працюючих реакторів складає 13,1 ГВт (1 ГВт = 10<sup>9</sup> Вт).

Реакторами керує державна компанія ЕНЕРГОАТОМ. Що стосується типів реакторів то всі вони містять лейбл «вироблено в СРСР», і це створює значні складності в отриманні реально енергетичної та економічної незалежності відповідно до цілей, проголошених в Енергетичній стратегії. Євросоюз та Європейський банк реконструкції та розвитку вже профінансував на мільярди USD програми з підвищення рівня безпеки, особливо це стосується реакторів VVER-440/V, які вже виведено з експлуатації в східно-європейських країнах.

Що стосується реального виробництва електроенергії ядерною енергетикою України, то воно не така стабільна, як номінальні потужності після 2005 року (рис. 2). Так, енергія, яка вироблена українською ядерною енергетикою, у 2015 році складала 87 Твт. год (1 Твт. год = 11 млрд кВт. год), що відповідає реальній потужності в 10 Гвт. Тобто для ядерної енергетики України коефіцієнт використання проектної потужності дорівнює 76 %. Для порівняння гідроенергетика в тому ж році виробила 7 Твт.\*год, що відповідає реальній потужності 0,8 Гвт. Цікаво, що номінальна потужність тільки каскаду Дніпровських ГЕС складає 3,8 Гвт. Тобто Дніпровські ГЕС працюють тільки на 20 % від встановленої потужності [1].

Оскільки абсолютна більшість українських реакторів відпрацювала вже більш 25 років (табл. 1) – ймовірність незапланованих зупинок зростає і коефіцієнт використання проектної потужності, скоріше за все, буде зменшуватись. Розглянемо прогнозу динаміку кількості працюючих реакторів у випадку відсутності введення в дію нових реакторів (табл. 1).

Слід підкреслити, що атомна енергетика як стратегічна галузь економіки цілком контролюється державою, і введення в експлуатацію нових реакторів може відбуватись тільки за рахунок бюджетних коштів.

Термін планової експлуатації реакторів типу ВВЕР-1000 складає 30 років з можливим продовженням до 50 років [18]. Поступове зменшення діючих реакторів та сумарної потужності українських АЕС подано на рис. 3.

Відношення світової спільноти до «мирного атому» істотно змінилась за останні роки. Саме поняття мирного атому не зовсім коректне, тому що використане паливо у подальшому застосовується для виробництва ядерних боєголовок.

Звичайно, цим фактом пояснюється стурбованість світової спільноти станом справ в атомній енергетиці в та-

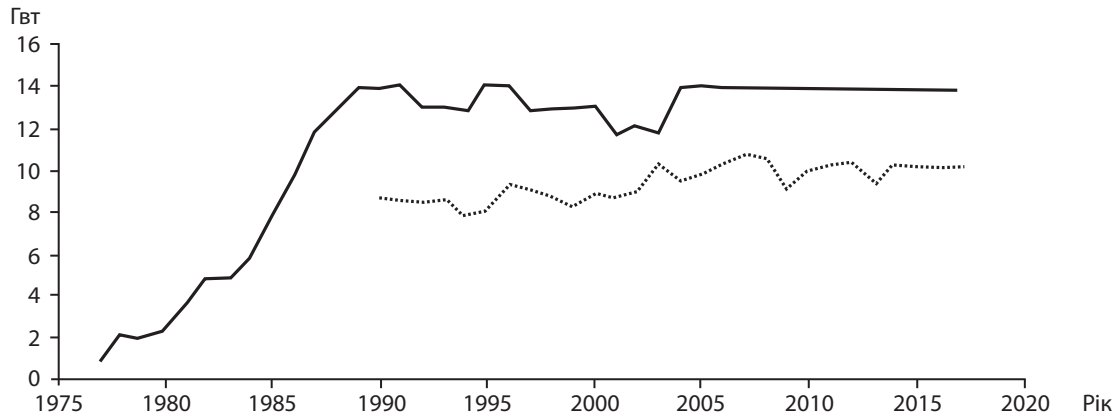


Рис. 2. Динаміка проектної і фактичної потужностей української ядерної енергетики

Джерело: [1]

Таблиця 1

Розподіл експлуатаційного часу українських атомних реакторів станом на 2017 р.

Вік електростанції, роки	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40
Кількість реакторів	0	0	2	0	1	4	6	2

Джерело: [1]

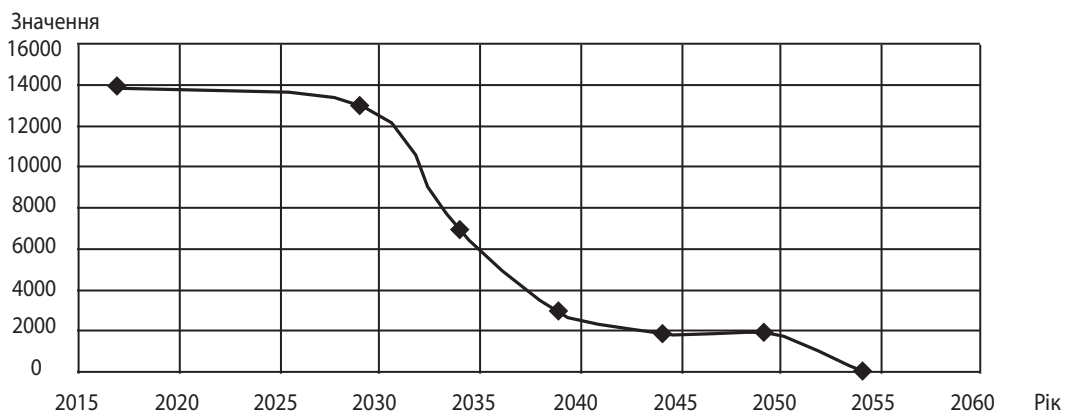


Рис. 3. Сумарна потужність реакторів за умовою 50 річного терміну експлуатації

Джерело: [1]

ких країнах, як Іран або Північна Корея, тому аргумент на користь української ядерної енергетики як шлях підвищення обороноздатності навряд чи варто розглядати. Тім, хто пропонує цей шлях, сніться багатомільярдні бюджетні вливання у виробництво збройового плутонію, і вони «черпають відрами» з грошового потоку. Набагато реалістичніше розлучений натовп, коли наше ВВПА впаде з нинішніх 2,5 тис. до північне корейських 500 доларів.

Перший сигнал відносно корінної зміни відношення до атомної енергетики подала Німеччина, яка задекларувала повну відмову від атомної енергетики до 2022 року [23].

Про аналогічне рішення оголосила Швейцарія. Скорочують власні програми розвитку атомної енергетики КНР та Франція. На наш погляд, це пов'язано з переоцінкою ризиків атомної енергетики. Офіційна оцінка ймовірності розгерметизації реактора, що використовувалася в атомній енергетиці колишнього СРСР, вважалася практично нульовою. Існуюча на цей момент інформація від-

носно кількості діючих реакторів та часу їх експлуатації дозволяє зробити оцінку цієї ймовірності за наявними даними. З початку використання в 1954 році кількість працюючих реакторів щорічно змінювалася. Якщо просумувати кількість діючих реакторів зваженими за роками їх експлуатації [19], то отримуємо величину 16 306, яка еквівалентна тому, що один реактор відпрацював 16306 років, і за цей проміжок часу на ньому відбулося за різними причинами дві техногенні катастрофи (табл. 2) з важкими наслідками (Чорнобиль, 1996 р.; Фукусіма, 2011 р.). Звідси можемо оцінити ймовірність масштабної техногенної катастрофи на ядерному реакторі величиною:

$$p = \frac{2}{16306} \approx 0,00012.$$

Оскільки кількість працюючих українських реакторів дорівнює 15, то щорічна ймовірність подібної катастрофи для України дорівнює 0,0018, і це вже ймовірність по-

дії, що може реалізуватись, а якщо врахувати, що зі зносом обладнання ймовірність інцидентів зростає (рис. 4), то ця ймовірність повинна бути в рази збільшеною. На цей час ситуація в атомній енергетиці привертає пильну увагу вчених. В ряді праць проаналізовано послідовність аварій, що відбуваються в атомній енергетиці (табл. 2).

Використовуються три шкали: міжнародна шкала ядерних подій (інтегрований показник впливу INES), магнітудна шкала ядерних інцидентів, що базується на ступені радіоактивного забруднення (NUMS) і доларова шкала втрат, у якій розглядаються випадки втрат, що перевищують 20 млн USD [20].

Таблиця 2

## Найбільші катастрофи в ядерній енергетиці

Дата	Місце розташування	Втрати, млн USD	INES (показник впливу)	NAMS (ступені радіоактивного забруднення)
2011-03-11	Fukushima Prefecture, Japan	166088,7	7	7,5
1986-04-26	Chernobyl, Ukraine	32078,5	7	8,0
1995-12-08	Tsuruga, Japan	15500,0	NA	NA
1957-09-11	Rocky Flats, USA	8189,0	5	5,2
1955-03-25	Sellafield, UK	4400,0	4	4,3
1977-01-01	Beloyarsk, USSR	3500,0	5	NA
1955-07-14	Sellafield, UK	2900,0	3	-2,4
1979-03-28	Three Mile Island, Pennsylvania, USA	2773,4	5	7,9
1969-10-12	Sellafield, UK	2500,0	4	2,3
1957-09-29	Kyshtym, Chelyabinsk, Soviet Union	2351,4	6	7,3
1985-03-09	Athens, Alabama, USA	2114,3	NA	NA
1977-02-22	Jaslovske Bohunice, Czechoslovakia	1964,5	4	NA
1968-05-01	Sellafield, UK	1900,0	4	4,0
1955-11-29	Idaho Falls, Idaho, United States	1500,0	4	NA
1971-03-19	Sellafield, UK	1330,0	3	3,2

Джерело: [20]

В результаті проведеного детального аналізу вчені дійшли висновку, що катастрофа, подібна до Фукусіми, може трапитись з ймовірністю більше ніж 50 % в найближчі 50 років, тоді як катастрофа, подібна Чорнобильській, з тією ж ймовірністю в найближчі 27 років [20].

Більша частота катастроф подібних Чорнобильській пояснюється тим, що в наведених оцінках збитки від Чорнобильської катастрофи менші, ніж від Фукусіми, тоді як магнітудна шкала оцінювання (радіоактивне забруднення) дає суттєво інший результат. Пояснення цього надзвичайно просте – в околицях Фукусіми були зосереджені істотно більші матеріальні цінності, ніж в околицях Чорнобиля. Слід підкреслити, що за ступенем радіоактивного забруднення (NUMS) Чорнобильська катастрофа перевершила Фукусіму.

Якщо Чорнобильська катастрофа відбулася внаслідок людського фактора (прорахунки персоналу), то причини Фукусіми полягають скоріше в непередбаченості природних факторів (прогнози оцінки висоти цунамі були на рівні 15 метрів, тоді як фактична висота досягла 41,5 метрів [20]). Така висота відповідала максимальному значенню з ймовірністю 0,001 років, тоді як захисні споруди були розраховані на 100-річний проміжок часу ( $p=0,01$ ) висотою 15 м.

Після Фукусіми 2011 р. всі прогнози оцінки максимальних висот цунамі переглядаються і розраховуються на

інтервали 1000 років. Це повинно суттєво підвищити рівень безпеки функціонування ядерної енергетики, однак ризики залишаються значними, наприклад, ризики катастроф внаслідок продовження терміну експлуатації реакторів суттєво зростають (рис. 4).

Модернізація обладнання, яка відбувається значним чином за рахунок ЄС, зменшує експлуатаційні ризики, однак їх зростання зі старінням неминуче. Криву повторюваності інцидентів на об'єктах світової ядерної енергетики наведено на рис. 5.

Для апроксимації статистичних даних використовувався Парето-розподіл, причому весь ряд спостережень довелося розбити на два інтервали: передчорнобильський та післячорнобильський, коли стрибком зменшилася частота незначних за магнітудою інцидентів.

Що стосується ядерної енергетики в Україні, то, на наш погляд, потрібно враховувати такі положення:

Підтримка діючого стану генерації електроенергії на рівні 9–10 Гвт можлива тільки завдяки допомозі ЄС, для якого це своєрідний страховий внесок для зменшення вірогідності техногенної катастрофи, подібної до Чорнобильської.

Існування ключової енергетичної галузі за рахунок іноземної підтримки суперечить головним положенням енергетичної незалежності. Справа в тому, що підтримка

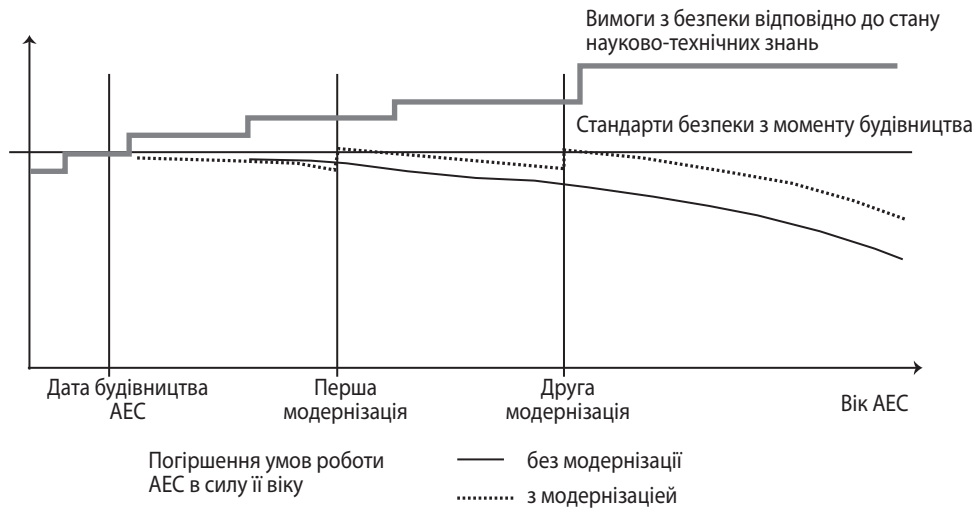


Рис. 4. Ризики старіння АЕС

Джерело: [9; 19]

ядерної енергетики України ЄС не може бути гарантована на тривалий проміжок часу внаслідок кардинальної зміни громадської думки відносно ступеня ризику розвитку ядерної енергетики

У випадку оцінки ризиків подальшого використання ядерної енергетики повинні бути враховані стохастичні

екстерналії, які вона генерує, при цьому не слід вважати Чорнобильську або інші катастрофи подіями, які практично не можливі в майбутньому. Останні дослідження показали, що ймовірність виникнення цих подій достатньо велика і суттєво перевищує занадто оптимістичні оцінки періоду виникнення ядерної енергетики.

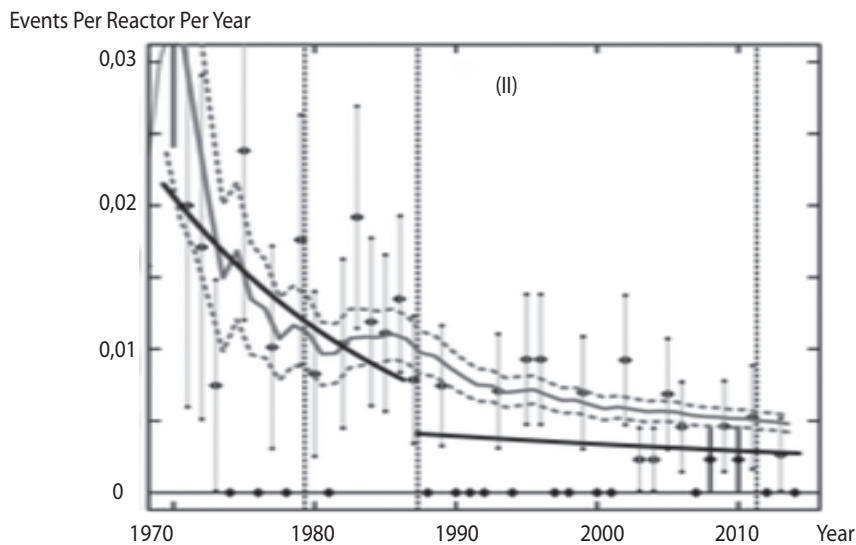


Рис. 5. Крива повторюваності інцидентів на ядерних об'єктах у 1970–2014 рр.

Джерело: [20]

Перейдемо до аналізу стану теплоенергетики. З діючих 15 ТЕС – 14 мають термін експлуатації, що перевищує 40 років, а в абсолютній більшості термін експлуатації перевищує 50 років, тоді як плановий термін експлуатації основного елемента ТЕС котлів не перевищує 40 років [14; 15]. Звичайно, що при рівні амортизації обладнання, який перевищує всі припустимі межі важко очікувати високих показників ефективності та задовільного рівня викидів у зовнішнє середовище. Якщо перерахувати витрати умовного палива для генерації 1 кВт\*год на показник вхідно-

вихідної ефективності, то виявиться, що він дорівнює 22 % та має тенденцію до погіршення (рис. 6).

На цей час сучасні ТЕС, що використовують вугілля, мають вхідно-вихідну ефективність від 32 % до 42 %, тоді як ТЕС, що використовують газ, мають аналогічний показник від 50 % до 60 % [25]. Крім ефективності, надзвичайно велике значення для стану зовнішнього середовища має кількість викидів від ТЕС (рис. 7).

Для України кількість основних викидів від енергетики ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , зола) в рази перевищує норми, допустимі

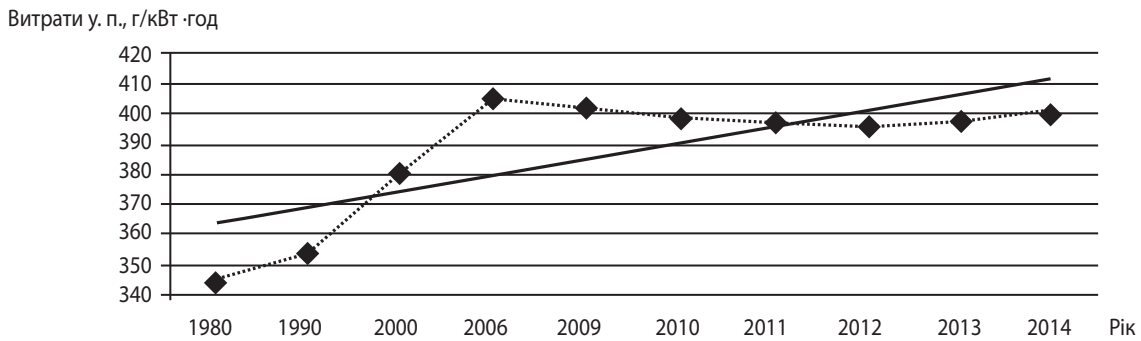


Рис. 6. Витрати умовного палива на генерацію 1 кВт\*год для українських ТЕС

Джерело: [10]

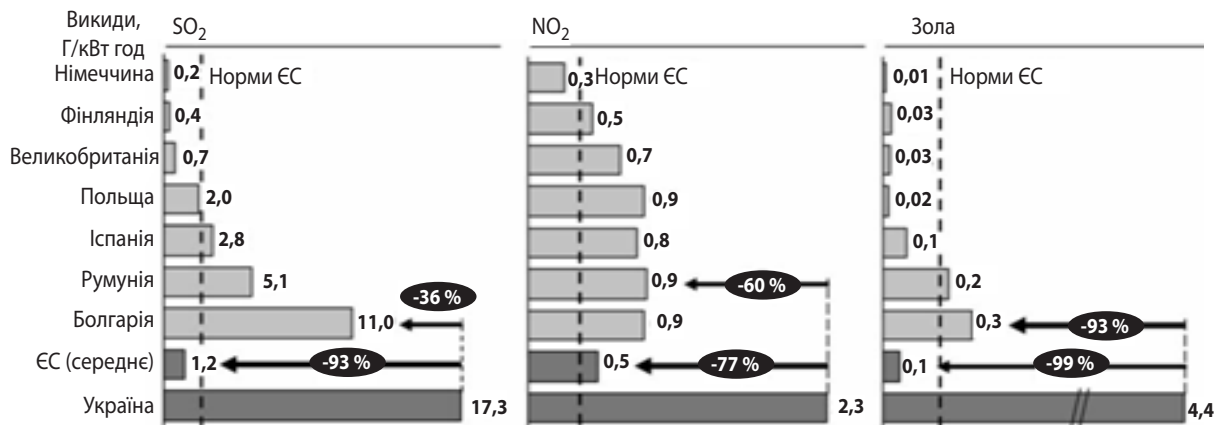


Рис. 7. Викиди забруднюючих речовин ТЕС в Україні і деяких країнах Європи (г/кВт\*год)

Джерело: [10]

в ЄС, і суттєво перевищують найгірші показники за викидами для найбільш бідніших країн ЄС (Болгарія, Румунія).

Стає зрозумілим, що в Україні діє надзвичайно низький рівень екологічного оподаткування, що дозволяє власникам ТЕС отримувати надприбутки за рахунок погіршення стану зовнішнього середовища.

Так, ставка за викиди однієї тонни CO<sub>2</sub> складає лише 0,41 грн [11], тоді як на цей час в країнах ЄС вважається, що викид 1 тонни CO<sub>2</sub> завдає шкоди в розмірі 20 євро, а до 2035 року ця величина зростає до 30 євро [24]. На наш погляд, теплоенергетика, на відміну від ядерної енергетики, є привабливою галуззю для внутрішніх і зовнішніх інвесторів. Тому суттєве підвищення ставок за викиди шкідливих речовин зменшить і без того низьку конкурентоспроможність вже морально та технічно застарілих ТЕС і збільшить інвестиційну привабливість сучасної, високоефективної теплової енергетики, що діє у країнах ЄС [25].

Перейдемо до відновлюваної енергетики.

Основним джерелом впровадження відновлюваної енергетики в Україні є встановлені з 2012 року тарифи (зелений тариф) для прийому надлишків енергії в національну енергетичну мережу (табл. 3).

Існують деякі відмінності з тарифами ЄС, які стимулюють розвиток вітрової енергетики (найвищий тариф), що найменше використовує земельний ресурс (рис. 1) і має значні перспективи на європейських узбережжях. Україна робить, скоріш за все, ставку на сонячну енергетику зі

значним ресурсом у засушливих районах Причорномор'я та Приазов'я [12; 13]. Однак головна різниця, на наш погляд, полягає в тому, що зелений тариф в Україні перевищує вартість електроенергії для населення в рази, тоді як у розвинутих країнах ЄС у рази більші тарифи для населення. Тому зростання обсягів відновлюваної енергетики буде призводити до принципово різних наслідків в Європі та Україні. В Україні у міру зростання частки відновлюваної енергетики тарифи для населення повинні зростати, тоді як в Європі тренд може бути протилежним.

Крім того, слід підкреслити ще одну відмінність: якщо для окупності інвестувань в Європі приватному інвестору достатньо задовольняти власні потреби, то в Україні обов'язково потрібно виробляти набагато більше, ніж власне споживання, і це буде значним чином зменшувати термін окупності інвестицій [5].

Отже, впровадження обмеження на максимальну потужність в 30 кВт [11], що встановлено для фізичних осіб, навряд чи можна вважати доцільним. На цей час існують дві головні характеристики, які визначають інвестиційну привабливість проекту альтернативної енергетики. Це, в першу чергу, вартість встановлення потужності, яка визначається в доларах США на 1 кВт, і дисконтна вартість 1 кВт\*год за термін експлуатації (табл. 4).

Коротко прокоментуємо дані табл. 4, що побудована на підставі світової енергетичної статистики. Привертає увагу значна різниця в оцінках встановлення потужності



Таблиця 3

## Тарифи на споживання електроенергії та зелений тариф євроцентів/кВт\*год (центів USD /кВт\*год станом 20.12.2017)

	Населення	Промисловість	Зелений тариф		
			Сонячна енергія	Вітрова енергія	Енергія біомас
ЄС(28)	21(25)	12(14)	10(12)	16(19)	12(14)
Данія	30(35)	9(11)			
Німеччина	29(34)	15(18)			
Болгарія	7(8)	8(9)			
Україна	5(6)	7(8)	17(20)	11(13)	12(14)

Джерело: [17]

для відновлювальної та традиційної енергетики. Для відновлювальної енергетики встановлення потужності в 1 кВт\*год коштує в рази менше, ніж для традиційної, однак ніякої різниці на користь відновлювальної в вартості кВт\*год на інтервалі амортизації не існує.

Крім того, потрібно враховувати, що відновлювальна енергетика, на відміну від традиційної, не споживає викопних ресурсів. Причина однакової дисконтної вартості 1 кВт\*год полягає в тому, що встановлена потужність не від-

повідає усередненій на тривалому часовому інтервалі (наприклад, річному) потужності. Сонячна енергія надходить тільки в денний час, а проміжки, коли вітер не досягає нижньої межі, потрібної для генерації, можуть бути достатньо тривалими, тому для вітрової енергії з 8760 річних годин на суші вважаються діючими тільки 2000 години, для узбережжя моря ця величина дещо більша, а отже, незважаючи на більші витрати зі встановлення, узбережжя морів вважаються найбільш привабливими для вітрової генерації [24].

Таблиця 4

## Показники ефективності використання альтернативних джерел енергії

	Рік	Біоенергетика	Вітрова		Сонячна	Концентрована сонячна енергія	Ядерна та тепла енергетика
			На узбережжі	На суші			
Витрати на встановлення потужності, тис. USD/кВт	2017	2,7 (1,1-5,0)	4,6 (4,0-5,0)	1,6 (1,5-1,9)	2,5 (1,4-4,4)	5,6 (4,0-7,0)	6,1-6,9
Ціна електроенергії (собівартість) центів/кВт*год	2017	0,07 (0,05-0,16)	0,14 (0,10-0,23)	0,06 (0,04-0,20)	0,09 (0,03-0,19)	0,23 (0,20-0,27)	0,05-0,12
	2020	-----	0,07 (0,05-0,08)	0,04 (0,02-0,10)	0,04 (0,02-0,12) 2019 рік	0,08 (0,07-0,10) 2022 рік	-----
Запланована генерація ТВт*год, (млн т. н.е.)	2020	47 (4)	9		-----		-----
	12035	128 (11)	25		-----		-----
Обсяги інвестицій млрд USD	2020	14,5	9		-----		-----
	12035	39,5	25		-----		-----

Джерело: [17;18], власні розрахунки

З наведених міркувань можна зробити висновок, що для того щоб забезпечити, наприклад, середню генерацію протягом року на рівні 1 кВт, встановлені потужності для сонячної або вітрової енергетики повинні бути не менше 4 кВт. Базуючись на цьому, обмеження встановленої потужності в 30 кВт для фізичних осіб виглядає суттєвим дестимулятором розвитку відновлювальної енергетики. Що стосується біоенергетики, то тут не слід вважати, що її ресурси безкоштовні. Вже достатньо зрозуміло, що ресурси аграрного сектора недостатні для вирішення сировинної проблеми біоенергетики, і головним ресурсом вважаються побічні продукти лісу. Для їх безперебійного отримання в ЄС розробляється стратегія, що включає будівництво

доріг, закупівлю техніки і підготовку кваліфікованого персоналу. Оцінки масштабів інвестицій в інфраструктуру біоенергетики ЄС вимірюються мільярдами євро [1].

Слід підкреслити, що потенційними інвесторами відновлюваної енергетики вже на цей час стає населення, яке має деякий інвестиційний потенціал. Часовий інтервал існування національної відновлюваної енергетики (2012–2018 рр.) дозволяє зробити висновки, що величезні проміжні цілі Енергетичної стратегії (11 % споживання у 2020 році за рахунок відновлюваної енергетики) навряд чи можуть бути виконані (рис. 8).

Хоча нульову гіпотезу відносно зростання частки відновлюваної енергетики можна відхилити на надзви-

чайно малому рівні значущості (табл. 5), самі темпи зростання (0,045 % на рік) не викликають великого оптимізму. Не складно оцінити, за який часовий інтервал за умовою збереження існуючої ситуації буде досягнута проміжна мета 2020 року. Проведемо нескладні розрахунки. Модельне значення частки ОЕ (відновлюваної енергетики) на кінець 2018 року складає 1,73 %, тобто до 11 % залишається 9,27 %. Нижня межа щорічного зростання складає 0,041 % верхня межа – 0,049 %. Звідси 226 років – це часовий термін за який буде досягнута проміжна мета при найменшій можливій швидкості зростання або 189 років – при найбільшій. Вважаємо, що розраховувати, коли будуть досягнуті кінцеві показники енергетичної стратегії (2035 рік), просто немає сенсу.

З урахуванням стану традиційних галузей (ядерної, гідро- та теплової енергетики) для збереження існуючого рівня енергоспоживання, а можливо, і для забезпечення більшого економічного зростання, ніж це визначено

в Енергетичній стратегії (двократне до 2035 року), відновлювальна енергетика повинна розвиватись суттєво швидше, ніж заплановано. Однак цього не відбувається, і вже зрозуміло, що проміжні цілі до 2020 року не буде виконано. Що стосується 2035 року, то в цей час всі діючі реактори будуть зупинені, а теплоенергетика ні за показниками вихідної ефективності, ні за рівнем забруднення на одиницю виробленої енергії не відповідає ні європейським, ні світовим стандартам і потребує екстрених рішень.

Що стосується гідроенергетики, то її подальша експлуатація негативно впливає на стан української економіки в цілому. Ймовірність залучення інвесторів в українську ядерну енергетику надзвичайно мала, однак зовсім інша перспектива теплоенергетики, що працює на природному газу та газі, який можна виробляти за рахунок неутілізованої частки побутових відходів (харчових відходів). Нами проаналізовано можливі варіанти прийняття рішень у сфері національної енергетики (табл. 5).

Таблиця 5

Параметри регресійної моделі зростання частки відновлюваної енергетики

Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	Рівень значущості	Нижні 95 %	Верхні 95 %
0,744	0,032	14,74	3,25E-13	0,41	0,54
0,045	0,002	20,85	1,94 E-13	0,041	0,049

Джерело: власні розрахунки

Важко спрогнозувати розвиток подій на достатньо тривалій проміжок часу (до 2035 року), однак надзвичайно складна ситуація у вітчизняній енергетиці дозволяє зробити висновки про необхідність прийняття невідкладних рішень, які в змозі загальмувати негативні тенденції традиційної вітчизняної енергетики та ініціювати розвиток відновлювальної енергетики, що відповідає обіцянкам, наданим Європейській енергетичній спільноті.

**Висновки.** Всі три галузі української енергетики, що створені за часів планової економіки (гідро-, ядерна, тепла) не відповідають діючим вимогам інформаційного суспільства за критерієм енергоефективності, енергонезалежності, нормативних викидів, ймовірності техногенних катастроф.

Внаслідок великого відставання від проміжних цілей стає зрозумілим неспроможність і декларативність Енергетичної стратегії відносно темпів розвитку відновлюваної енергетики. Крім того, в Стратегії не враховується фактичний стан традиційних галузей енергетики.

Виходом з ситуації є опора на інвестиційний потенціал населення і бізнесу (внутрішній інвестор) та залучення зовнішнього інвестора. Для цього необхідно відмінити верхню межу встановленої потужності для користування зеленим тарифом і суттєво збільшити рівень оподаткування викидів у повітря для теплоенергетики. Крім того, потрібно прояснити ситуацію з ПДВ для імпортного обладнання ТЕС, що використовують газ, оскільки сучасні ТЕС мають суттєві екологічні переваги відносно діючих в Україні – їх можна віднести до екологічно чистого обладнання, за яке не сплачується ввіз ПДВ.

Зелений тариф, як обіцяно в Енергетичній стратегії, повинен бути збережений до 2035 року, однак це не означає незмінність тарифу за електроенергію для населення, він повинен зростати, тому що все суспільство повинно нести тягар за покращення стану зовнішнього середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник А. В. Енергетичний сектор економіки України з позиції суспільного добробуту. Київ : Компринт, 2017. 417 с.
2. Енергетична стратегія до 2035. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
3. Кулик М. М., Горбулін В. П., Кириленко О. В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали). Київ : Ін-т загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.
4. Зовнішнє і внутрішнє становище України у 2017 році – аналіз проблем і варіанти рішень / за ред. В. П. Горбуліна. Харків, 2018. 928 с.
5. Skrypnyk A., Namiasenko Yu., Sabishchenko O. Renewable energy as an alternative of the decentralization energy supply in Ukraine. *International Journal of Innovative Technologies in Economy*. 2018. № 1 (13). P. 121–127.
6. Скрипник А. В., Нам'ясенко Ю. О. Енергетична незалежність як основа повноцінної незалежності України. *Інформаційні технології в економіці та природокористуванні*. 2017. № 2. С. 16–28.
7. Скрипник А. В., Голячук О. С. Українська гідроенергетика з позицій функції суспільного добробуту. *Проблеми економіки*. 2017. № 3. С. 95–102.
8. Скрипник А., Воловоденко Л. Світова фінансова криза та енергоефективність економіки України. *Моніторинг біржового ринку*. 2014. № 11. С. 18–22.

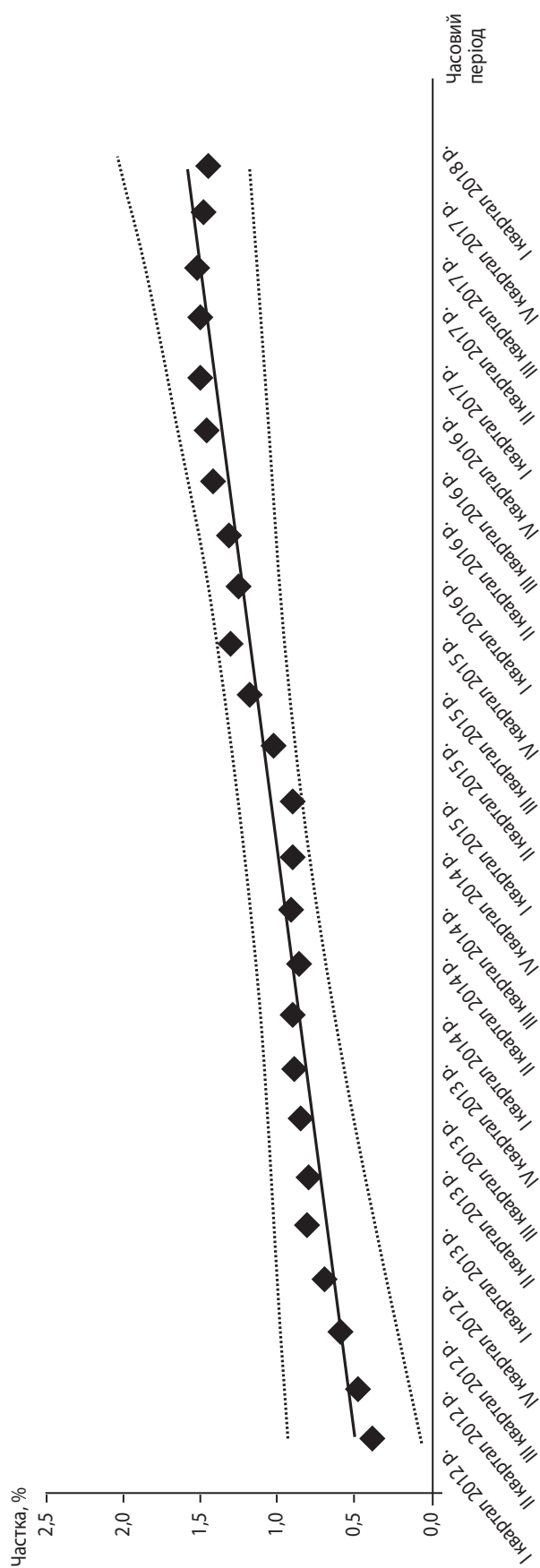


Рис. 8. Динаміка зростання частки енергії, що генерується відновлюваною енергетикою України за 2012–2018 роки

Ажерело: Українська Асоціація Відновлюваної Енергетики, власні розрахунки

Варіанти прийняття рішень і їх наслідків в енергетичній сфері

Енергетична галузь	Ризики продовження експлуатації	Рішення та його вартість	Ризики рішення	Переваги	Сумарний ефект
Гідроенергетика	Щорічні втрати від 400 до 700 млн USD, втрати на встановлення якості води	Покроковий демонтаж водосховищ за рахунок форвардних продажів осушених площ	Втрати використання гідроаккумуляційних можливостей декількох ГЕС	Відновлення судноплавства, покращення якості питної води	Зростання генерації за рахунок біоенергет, відновлення судноплавства. Від 0,5 до 1 млрд USD до ВВП
Ядерна енергетика	Відсутність енергетичної незалежності. Можливість техногенних катастроф магнітудою 7-8, відсутність інвестицій	Зупинення експлуатації	Недостатня енергетична пропозиція	Можливість підтримки ЄС на розвиток інших енергетичних галузей	Крок до енергетичної незалежності, зменшення ризиків техногенних катастроф на національному рівні
Теплова енергетика	Зростання рівня аварійності на ТЕС, погіршення екологічного стану	Підвищення рівня екологічного оподаткування, відміна ПДВ на імпорт сучасних енергетичних технологій та обладнання	Недостатній обсяг інвестувань внаслідок макроекономічної нестабільності, корупції та інших факторів	Зменшення споживання первинних енергоресурсів, покращення екологічного стану	Забезпечення переходу до відновлюваної енергетики
Відновлювана енергетика	Провал енергетичної стратегії	Збереження зеленого тарифу, скасування порогової потужності, спрощення процесу підключення	Подорожчання електроенергії для населення	Запобігання краху енергетичної системи	Перехід до пострадянської економіки

Джерело: власні дослідження

9. Обсяги інвестування ядерної енергетики України Євросоюзом. URL: <http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/en/ukraine-eu/eu-policy/assistance>

10. Вольчин І. А., Дунаєвська Н. І., Гапонич Л. С., Чернявський М. В. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України. Київ: Гносіз, 2013. 320 с.

11. Податковий кодекс, ставки екологічного податку для України. URL: <https://dtk.com.ua/show/0sld0178.html>

12. Потенціал сонячної енергетики України. URL: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

13. Очікувані результати впровадження сонячної енергетики на період до 2020 року. URL: <http://saee.gov.ua/uk/pressroom/1133>

14. Неоднорідність генерації. URL: <https://ua.boell.org/uk/2017/10/24/perehid-ukrayini-na-vidnovlyuvanu-energetiku-do-2050-r>

15. Теплова енергетика України. URL: <https://mozok.click/1197-elektroenergetika-ukrayini.html>

16. Статистика світових інвестицій в енергетичний сектор. URL: <https://www.iea.org/publications/wei2017/>

17. Energy price statistics. URL: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics)

18. Levelized Cost of Energy (LCOE) // U.S. Department of energy 2015. URL: <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf>

19. Vincent A. Lifetime extension of ageing nuclear power plants: Entering a new era of risk. A report of commissioned by Greenpeace. 2014. Switzerland. 147 p.

20. Wheatley S., Sovacod B., Sornette D. Of disaster and Dragon Kings: A statistical analyses of nuclear power incidents and accidents. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27002746>

21. Just R., Hueth D., Schmutz A. The welfare economics of public policy. Massachusetts USA: Edward Elgar Publ. Inc., 2004, P. 527–554.

22. Environmental impacts of coal power. URL: <http://www.ucsusa.org/clean-energy/coal-and-other-fossil-fuels/coal-air-pollution#.WIRPkFOLTDd>

23. Goodbye nuclear power: Germany's renewable energy revolution. URL: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/nuclear-power-germany-renewable-energy>

24. The Economics of Wind Energy. A report by the European Energy Association. 2009. 110 p. URL: [http://pineenergy.com/files/pdf/Economics\\_of\\_Wind\\_Main\\_Report\\_FINAL\\_Ir.pdf](http://pineenergy.com/files/pdf/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL_Ir.pdf)

25. Wylie R. Gas: the next generation. URL: [https://www.enidday.com/en/sparks\\_en/gas-next-generation/](https://www.enidday.com/en/sparks_en/gas-next-generation/)

26. Elon Musk. URL: <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/11/28/16709036/elon-musk-biggest-battery-100-days>

27. Турчинов О. В. Особливості сучасного економічного розвитку України. *Вчені записки*. 1999. Вип. 2. С. 64–70.

## REFERENCES

"Elon Musk" <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/11/28/16709036/elon-musk-biggest-battery-100-days>

"Energy price statistics" [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_price_statistics)

"Enerhetychna stratehiia do 2035" [Energy Strategy by 2035]. <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>

"Environmental impacts of coal power" <http://www.ucsusa.org/clean-energy/coal-and-other-fossil-fuels/coal-air-pollution#.WIRPkFOLTDD>

"Goodbye nuclear power: Germany's renewable energy revolution" <https://www.theguardian.com/sustainable-business/nuclear-power-germany-renewable-energy>

Just, R., Hueth, D., and Schmutz, A. *The welfare economics of public policy* Massachusetts USA: Edward Elgar Publ. Inc., 2004.

Kulyk, M. M., Horbulin, V. P., and Kyrylenko, O. V. *Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analytychni materialy)* [Conceptual approaches to the development of Ukrainian energy (analytical materials)]. Kyiv: In-t zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy, 2017.

"Levelized Cost of Energy (LCOE)" U. S. Department of energy 2015. <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf>

"Neodnorodnist heneratsii" [Heterogeneity of generation]. <https://ua.boell.org/uk/2017/10/24/perehid-ukrayini-na-vidnovlyuvanu-energetiku-do-2050-r>

"Obsiahy investuvannia iadernoi enerhetyky Ukrainy Yevrosoiuzom" [Volumes of investment of nuclear energy of Ukraine by the European Union]. <http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/en/ukraine-eu/eu-policy/assistance>

"Ochikuvani rezultaty vprovadzhennia soniachnoi enerhetyky na period do 2020 roku" [Expected results of the implementation of solar energy for the period up to 2020]. <http://saee.gov.ua/uk/pressroom/1133>

"Podatkovi kodeks, stavky ekolohichnoho podatku dlia Ukrainy" [Tax code, environmental tax rates for Ukraine]. <https://dtk.com.ua/show/0sid0178.html>

"Potensial soniachnoi enerhetyky Ukrainy" [Potential of Solar Power of Ukraine]. <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>

"Statystyka svitovykh investytsii v enerhetychnyi sektor" [World energy sector statistics]. <https://www.iea.org/publications/we2017/>

Skrypnyk, A. V. *Enerhetychnyi sektor ekonomiky Ukrainy z pozytsii suspilnoho dobrobutu* [The energy sector of Ukraine's economy from the standpoint of social welfare]. Kyiv: Kompynt, 2017.

Skrypnyk, A. V., and Holiachuk, O. S. "Ukrainska hidroenerhetyka z pozytsii funktsii suspilnoho dobrobutu" [Ukrainian hydro-power from the standpoint of public welfare]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2017): 95-102.

Skrypnyk, A. V., and Namiasenko, Yu. O. "Enerhetychna nezalezhnist iak osnova povnotsinnoi nezalezhnosti Ukrainy" [Energy independence as the basis of Ukraine's full independence]. *Informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi ta pryrodokorystuvanni*, no. 2 (2017): 16-28.

Skrypnyk, A., and Volovodenko, L. "Svitova finansova kryza ta enerhoefektyvnist ekonomiky Ukrainy" [The global financial crisis and energy efficiency of Ukraine's economy]. *Monitorynh birzhovoho rynku*, no. 11 (2014): 18-22.

Skrypnyk, A., Namiasenko, Yu., and Sabishchenko, O. "Renewable energy as an alternative of the decentralization energy supply in Ukraine" *International Journal of Innovative Technologies in Economy*, no. 1 (13) (2018): 121-127.

"Teplova enerhetyka Ukrainy" [Thermal power engineering of Ukraine]. <https://mozok.click/1197-elektroenergetika-ukrayini.html>

"The Economics of Wind Energy. A report by the European Energy Association. 2009" [http://pineenergy.com/files/pdf/Economics\\_of\\_Wind\\_Main\\_Report\\_FINAL\\_Ir.pdf](http://pineenergy.com/files/pdf/Economics_of_Wind_Main_Report_FINAL_Ir.pdf)

Turchynov, O. V. "Osoblyvosti suchasnoho ekonomichnoho rozvytku Ukrainy" [Features of modern economic development of Ukraine]. *Vcheni zapysky*, no. 2 (1999): 64-70.

Vincent, A. *Lifetime extension of ageing nuclear power plants: Entering a new era of risk. A report of commissioned by Greenpeace Switzerland*, 2014.

Volchyn, I. A. et al. *Perspektyvy vprovadzhennia chystykh vuhilnykh tekhnolohii v enerhetyku Ukrainy* [Prospects for the implementation of clean coal technologies in the energy sector of Ukraine]. Kyiv: Hnosiz, 2013.

Wheatley, S., Sovacod, B., and Sornette, D. "Of disaster and Dragon Kings: A statistical analyses of nuclear power incidents and accidents" <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27002746>

Wylie, R. "Gas: the next generation" [https://www.eniday.com/en/sparks\\_en/gas-next-generation/](https://www.eniday.com/en/sparks_en/gas-next-generation/)

*Zovnishnie i vnutrishnie stanovyshche Ukrainy u 2017 rotsi - analiz problem i varianty rishen* [The external and internal position of Ukraine in 2017 - analysis of problems and solutions]. Kharkiv, 2018.