

РОЗДІЛ V

Геоєкологія та геоінформатика

УДК 528.44

DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2025.5.17>

Олександр Васильєв

аспірант кафедри геоінформатики,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

vasilyeva455@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2177-7859>

Віталій Зацерковний

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геоінформатики,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

vitalii.zatserkovnyi@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5187-6125>

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВІТУ ТА УКРАЇНИ

Анотація. Для існування людини й людської цивілізації потрібна енергія та джерела цієї енергії (енергетичні ресурси), під якими розуміють речовину, в якій зосереджено енергію, придатну для практичного використання.

З кожним роком людство використовує все більше й більше енергії, стає все більш залежним від викопного палива. Але якщо раніше щораз вищу потребу можна було задовільнити шляхом збільшення добування викопного палива (використання традиційних джерел електроенергії), то нині це стає все більш складним завданням, оскільки традиційні джерела поступово вичерпуються та через певний період часу взагалі закінчуються, а видобуток їх стає все більш коштовним. Окрім того, використання викопного палива у величезних масштабах є причиною заподіяння значної шкоди екології. Зважаючи на те, що сучасні умови функціонування всіх сфер суспільства породжують зростання потреб у забезпеченні їх електроенергією, людство почало використовувати її альтернативні джерела. Тому одним із пріоритетних напрямів енергетичної галузі як у світі, так і в Україні стає перехід на відновлювальні джерела енергії, які, по-перше, мають невичерпні ресурси, по-друге, дають можливість підвищити енергетичну і екологічну безпеку й, по-третє, зменшують антропогенний вплив на навколишнє природне середовище.

Ключові слова: енергетичні ресурси, джерела енергії, викопне паливо, енергозбереження, енергоефективність, альтернативні (відновлювальні) джерела енергії.

Vasylyev Oleksandr, Zatserkovnyi Vitalii. ANALYSIS OF THE ENERGY SUPPLY STATUS IN UKRAINE

Abstract. The existence of humans and human civilization requires energy and sources of this energy (energy resources), which are understood as substances that contain energy suitable for practical use.

Each year, humanity consumes more and more energy and becomes increasingly dependent on fossil fuels. However, while in the past the growing demand could be met by increasing fossil fuel extraction (using traditional sources of electricity), today this is becoming an increasingly complex task, as traditional sources are gradually being depleted and will eventually be exhausted. Moreover, their extraction is becoming increasingly difficult and costly. In addition, the large-scale use of fossil fuels causes significant harm to the environment.

Given that the current conditions for the functioning of all spheres of society generate an increasing demand for energy supply, humanity has begun to utilize alternative energy sources. Therefore, one of the priority directions

of the energy sector, both globally and in Ukraine, is the transition to renewable energy sources, which, firstly, have inexhaustible resources; secondly, make it possible to enhance energy and environmental security; and thirdly, reduce the anthropogenic impact on the natural environment (NE).

Key words: energy, energy sources, fossil fuels, energy conservation, energy efficiency, alternative (renewable) energy sources.

Актуальність теми дослідження. Для існування людини й людської цивілізації потрібна енергія та джерела цієї енергії (енергетичні ресурси), під якими розуміють речовину, в якій зосереджено енергію, придатну для практичного використання.

Спочатку люди використовували найпростіше джерело енергії – власні м'язи. Але людина є відносно слабкою істотою, а для поліпшення якості життя потрібно було значно більше наявної енергії, тож цілком зрозуміло, що за рахунок тільки енергії людських м'язів цього досягти неможливо. Для збільшення видобутку енергії з часом були залучені додаткові джерела енергії – м'язи тварин, а згодом спалювання біомаси (деревини, чагарників, залишків врожаю тощо). Але потреба в енергії зростала разом зі зростанням кількості населення Землі, бажанням людства жити більш комфортно та з розвитком науково-технічного прогресу.

Промислова революція відкрила абсолютно новий, невідомий до цього енергетичний ресурс – викопне паливо, яке стало фундаментальним рушієм технологічного, соціального, економічного й технологічного прогресу, який наступив за цим. Видобуток цього палива відігравав і продовжує відігравати домінуючу роль у сучасних енергетичних системах країн світу, незважаючи на низку негативних явищ, передусім продукування викидів вуглекислого газу (CO₂), важких металів, двоокису сірки, окису азоту тощо, що супроводжують добування енергії з цього палива, викиди парникових газів і глобальні зміни клімату. Крім того, викопне паливо стало головним джерелом місцевого забруднення повітря, наслідком чого є мільйони передчасних смертей щороку, забруднення морів та океанів, зміни ландшафтів, провокування війн за нафтогазові родовища тощо.

З кожним роком людство використовує все більше й більше енергії та стає все більш і більш залежним від викопного палива. Але якщо раніше щораз вищу потребу можна було задовільнити шляхом збільшення добування викопного палива (використання традиційних джерел електроенергії), то нині це стає все більш складним завданням, оскільки традиційні джерела поступово вичерпуються й через певний період часу закінчуються, а видобуток їх стає більш коштовним. Окрім того, використання викопного палива у величезних масштабах є причиною заподіяння значної шкоди екології.

Зважаючи на те, що сучасні умови функціонування всіх сфер суспільства породжують зростання потреб у забезпеченні їх електроенергією, людство почало використовувати альтернативні джерела енергії.

Тому одним із пріоритетних напрямів енергетичної галузі як у світі, так і в Україні стає перехід на відновлювальні джерела енергії, які, по-перше, мають невичерпні ресурси, по-друге, дають можливість підвищити енергетичну і екологічну безпеку й, по-третє, зменшують антропогенний вплив на навколишнє природне середовище (НПС). А це передбачає інтенсифікацію науково-дослідних робіт, спрямованих на перехід від викопних видів палива, передусім вугілля, нафти, газу, на відновлювальні (альтернативні) джерела енергії.

Повномасштабна військова агресія РФ суттєво вплинула на інфраструктуру та функціонування енергетичної галузі, спричинила значні пошкодження, що стало причиною нестабільного енергопостачання протягом трьох останніх років. Збитки, що були нанесені енергетичній інфраструктурі, потребують понад 47 млрд дол. США на її відновлення. Агресор систематично наносить удари по об'єктах енергетичної інфраструктури з метою деморалізації населення, руйнування економіки, руйнації систем водо- й теплопостачання та перешкоджання ефективному функціонуванню української армії.

Незважаючи на величезні труднощі взимку 2022/2023 та 2023/2024 рр. завдяки зміцненню протиповітряної оборони, міжнародній підтримці, частковій децентралізації мережі енергопостачання вдалось уникнути блекауту. Україна не може чекати, поки закінчиться війна, щоб почати довгострокове відновлення енергетичної галузі. Потрібно вже зараз робити певні кроки, які дадуть змогу перейти до більш екологічної, стійкої відновлювальної енергетики. Україна повинна не тільки відновити свою енергетику, а й модернізувати її за принципом Build Back Better – відновити так, щоб вона була кращою, ніж до цього.

Тому актуальними завданнями сучасної України повинні стати амбітні плани розширення використання відновлювальної та ядерної енергетики, інтеграція в європейський енергетичний ринок.

Стан вивчення питання. Питання ефективного використання енергетичних ресурсів розглянуто в працях зарубіжних і вітчизняних учених: Т. Артемчук, Д. Бусарєва, Г. Гелетути, С. Денисюка, А. Димитрова, А. Еднона, А. Касича, С. Кудрі, Д. Сидорової, І. Сотника, Я. Столярчука, Д. Фрідмана та низки інших.

Визнаючи наукову та практичну цінність розвідок вищеназваних авторів, потрібно відзначити, що проблема застосування відновлювальних джерел у систему сучасного енергопостачання України ще далека від вирішення й потребує наукових досліджень, оскільки, незважаючи на потужний потенціал цих джерел, їх частка у використанні не перевищує й 10%.

Мета та завдання дослідження. Мета статті – оцінювання енергетичних ресурсів світу й України, переваг і недоліків відновлювальної енергетики та перспектив її впровадження в енергетичну галузь України.

Об'єкт дослідження – інфраструктура енергетичної галузі, альтернативні джерела енергії, воднева енергетика як найбільш перспективні напрями забезпечення енергонезалежності та зменшення екологічного тиску на НПС.

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Споживання викопного палива у світі, а саме вугілля, нафти та газу, зростає, що представлено на рис. 1.

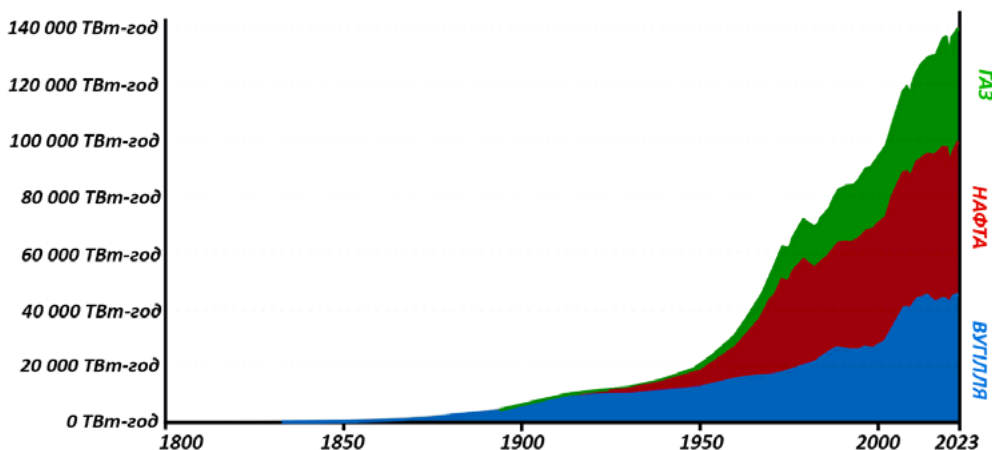


Рис. 1. Діаграма споживання викопного палива у світі (вугілля, нафти та газу), за даними [11; 12]

Як свідчить рис. 1, світове споживання викопного палива за останні 50 років, починаючи з 1950 року, у 8 разів збільшилось, і приблизно вдвічі збільшилось із 1980 р. Змінилась і структура використовуваного палива – з кам'яного вугілля людство перейшло на комбінації нафти, газу та урану, споживання яких постійно зростає.

Що стосується торфу та горючих сланців, то вони у світі використовуються значно менше, тож у цьому дослідженні не розглянуті.

Запаси родовищ основних джерел викопного палива, за даними [1], представлено на рис. 6–8.

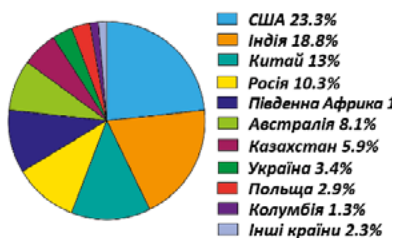


Рис. 6. Запаси родовищ кам'яного та бурого вугілля

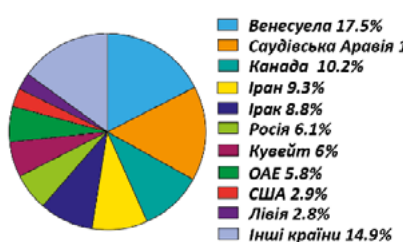


Рис. 7. Структура світових запасів нафти

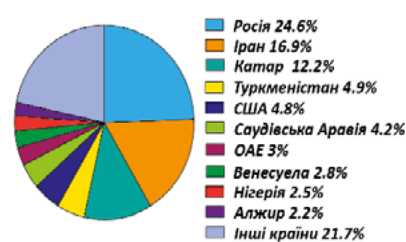


Рис. 8. Структура світових запасів видобутку природного газу

Класифікацію країн за споживаною енергією, виробленою з викопного палива (вугілля, нафти та газу), за даними [13], представлено на рис. 9.

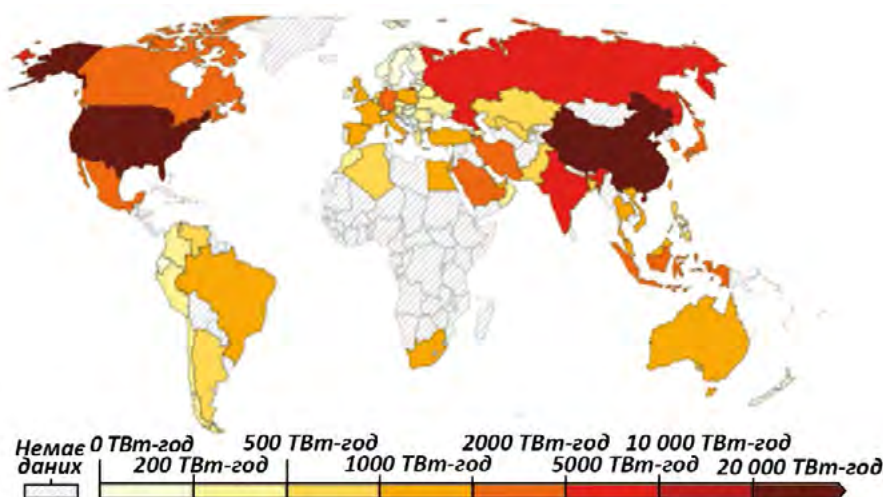


Рис. 9. Класифікація країн за споживаною енергією, виробленою з викопного палива (вугілля, нафти та газу) [13]

Країни з найбільшим споживанням енергії на душу населення, за даними [13], показано на рис. 10.

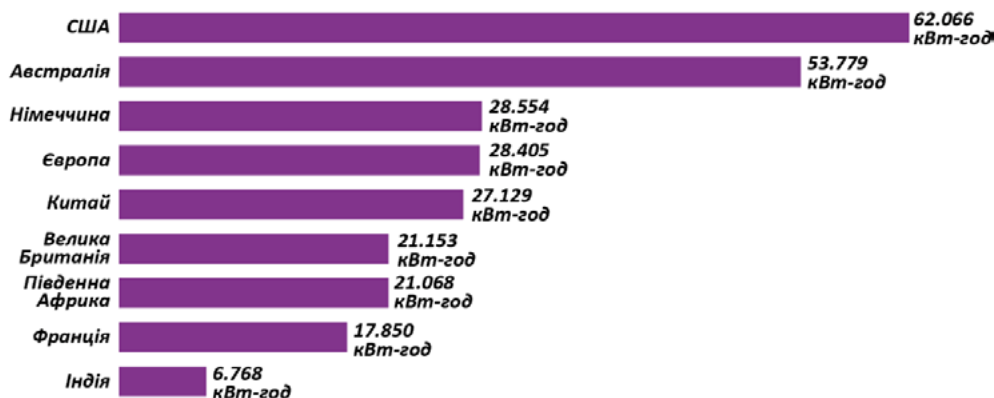


Рис. 10. Країни з найбільшим споживанням енергії на душу населення

Україна за рівнем споживання енергії на душу населення знаходиться на 28 місці у світі.

Найбільший вплив на НПС і зміну клімату здійснює вугілля (найбрудніше паливо). На рис. 11 представлено країни, які добувають найбільше вугілля у світі [12].

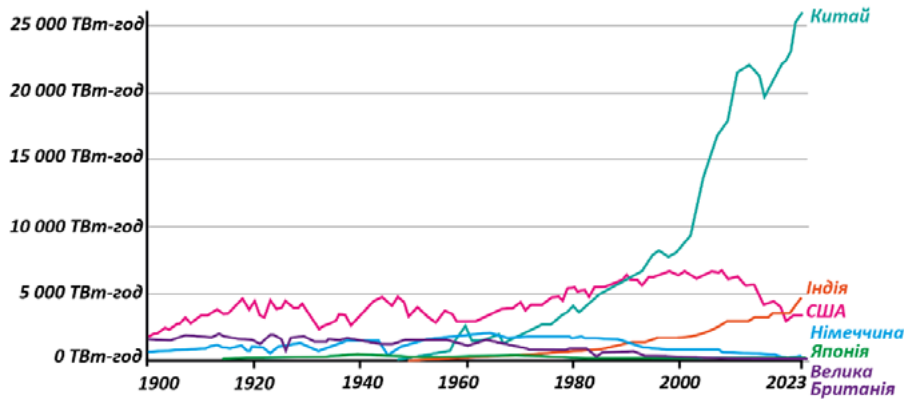


Рис. 11. Країни, які добувають найбільше вугілля у світі [12]

На рис. 12 представлено споживання первинної енергії з вугілля у світі, за даними [11; 12]. При цьому добування вугілля скореговано з урахуванням торгівлі – експорт вугілля віднімається, а імпорт – додається. Спалювання вугілля для видобутку енергії при цьому спричинює найбільші викиди в атмосферу вуглекислого газу.

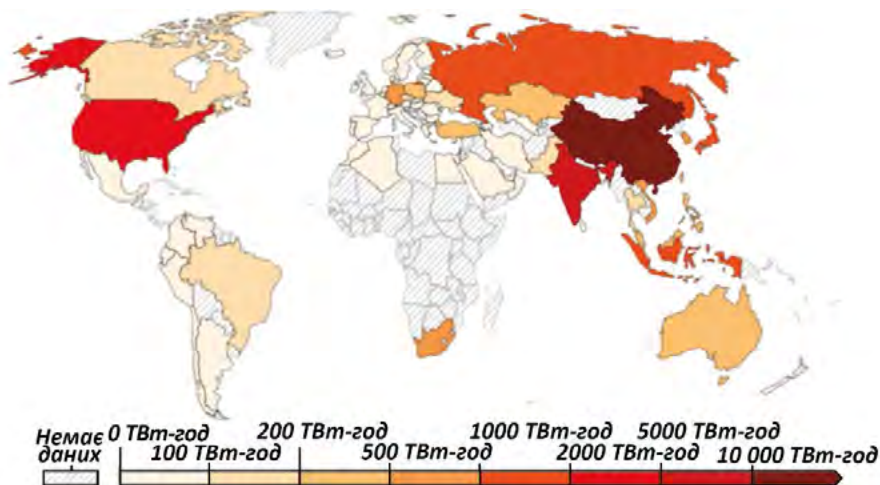


Рис. 12. Країни, які споживають найбільше енергії з вугілля у світі [11]

На рис. 13 представлено добування нафти у світі, за даними [11], а на рис. 14 – споживання нафти.

На рис. 15 представлено добування газу у світі, за даними [11], а на рис. 16 – споживання газу.

Паливно-енергетичні ресурси України – сукупність усіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в державі [3]. Наша країна має у своєму розпорядженні доволі різноманітний арсенал джерел для генерування енергії, що включають викопні види палива – вугілля, нафту, природний газ, торф, деревину, уран тощо та відновлювані джерела – сонячну енергію, енергію вітру, біопаливо, водень та ін. На території, що дорівнює 0,4% світової, сировинні запаси її надр у структурі світових запасів становлять 5%. Україна посідає одне з найбільших місць Європи за розвіданими родовищами природного газу та вугілля, їх видобутком і споживанням [19].

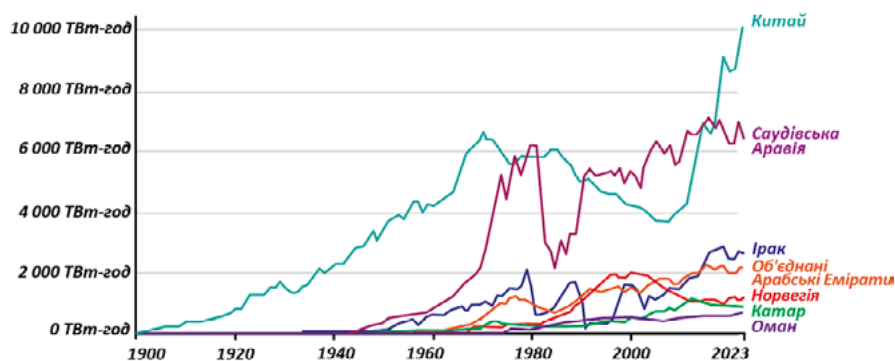


Рис. 13. Країни, які добувають найбільше нафти у світі [11]

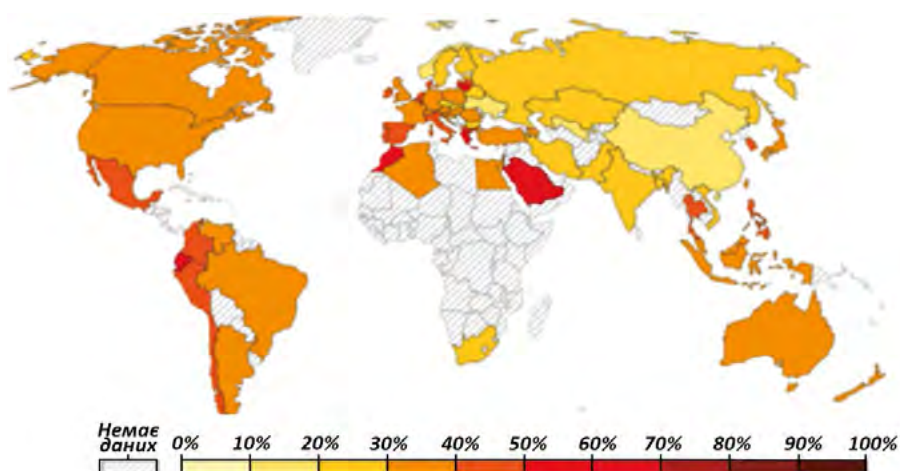


Рис. 14. Споживання нафти у світі [11]

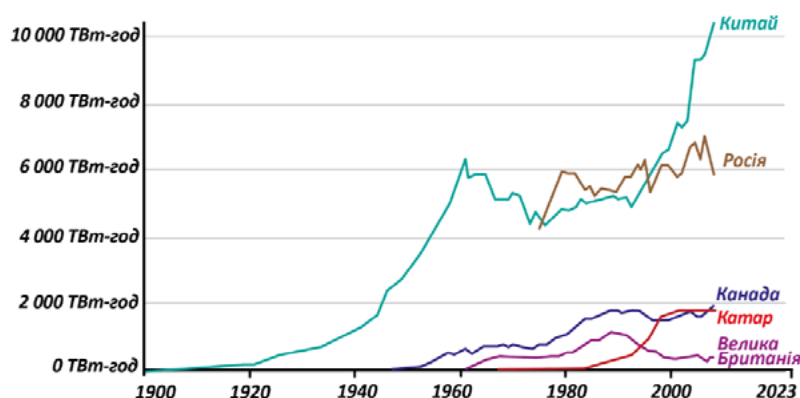


Рис. 15. Видобуток газу у світі [11]

Україна відноситься до енергодефіцитних країн [18] і задовольняє свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок власного їх видобутку менш, ніж на 50%. Це пояснюється передусім наявними умовами їх видобутку (зосереджені на великих глибинах (5–7 км)), застарілими технологіями, вкрай необхідними інвестиціями тощо, що роблять власні ПЕР неконкурентноздатними порівняно з імпортованими енергоресурсами. Крім того, ці ресурси використовуються як в економіці, так і в соціальній сфері вкрай неефективно. Це призвело до того, що енергоемність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні набагато перевищує

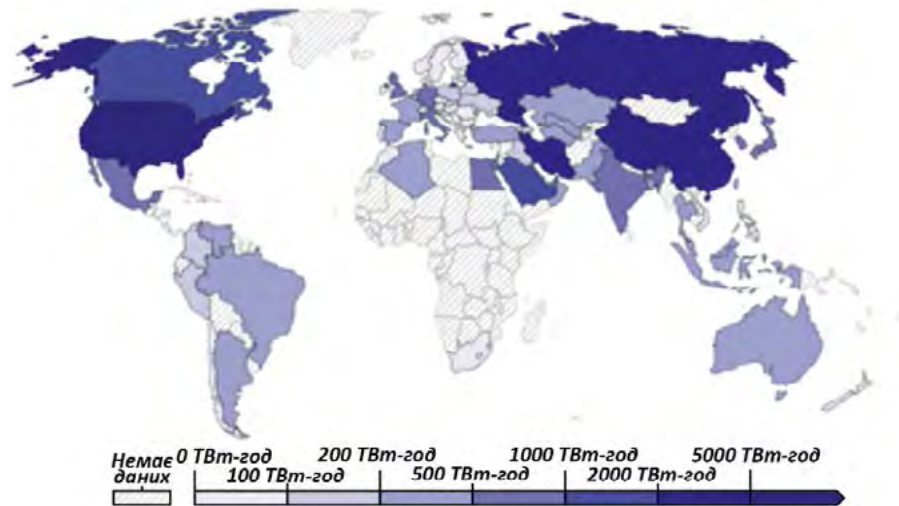


Рис. 16. Споживання газу у світі [11]

енергоємність промислово розвинених країн Західної Європи та світу й, на жаль, нині в державі відсутні суттєві тенденції їх зменшення. За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, енергоємність ВВП України у 2020 р. була у 2,7 раза вище, ніж у Польщі та у 3,3 раза вище, ніж у Німеччині [20].

Енергоємність ВВП України і деяких країн світу представлено на рис. 17, за даними [4].

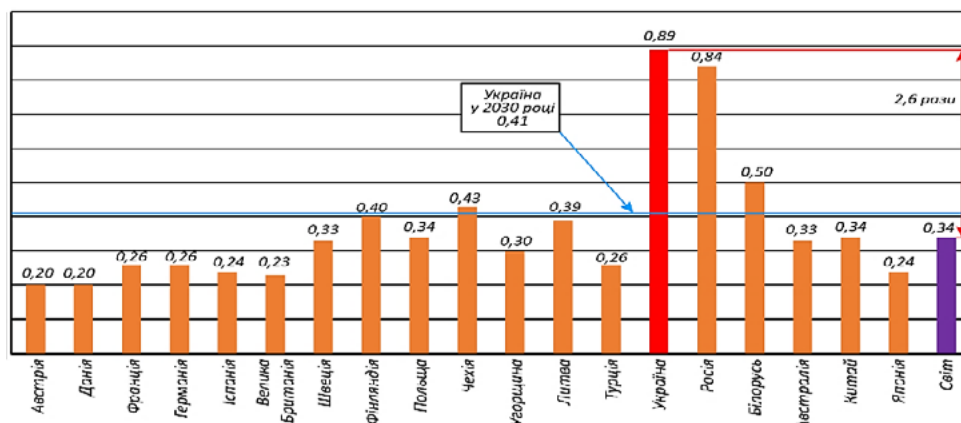


Рис. 17. Енергоємність ВВП України і деяких країн світу [4]

Енергетичний баланс України, млн т. н. е. представлено на рис. 18.

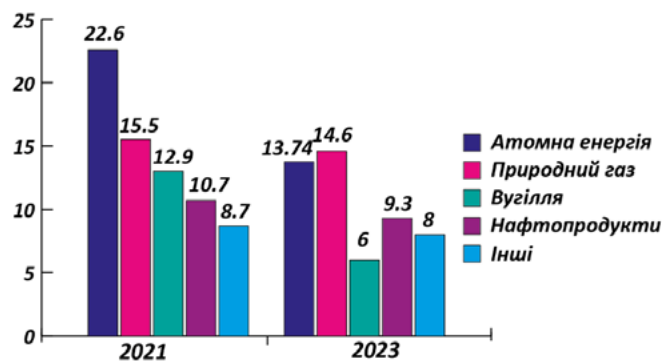


Рис. 18. Енергетичний баланс України, млн т. н. е.

Суттєве падіння власного виробництва первинної енергії, що представлене на рис. 17, пояснюється веденням активних бойових дій на території України, ударами ракет і безпілотників по енергетичній інфраструктурі країни. Війна, систематична руйнація енергетичної інфраструктури та відсутність контролю над певними територіями України спричинила те, що за останні роки загальні втрати потужностей енергосистеми зросли до 27 ГВт. Нагадаємо, що встановлена потужність енергосистеми України становить 56,2 ГВт.

Структуру енергопостачання України [8] представлено на рис. 19.

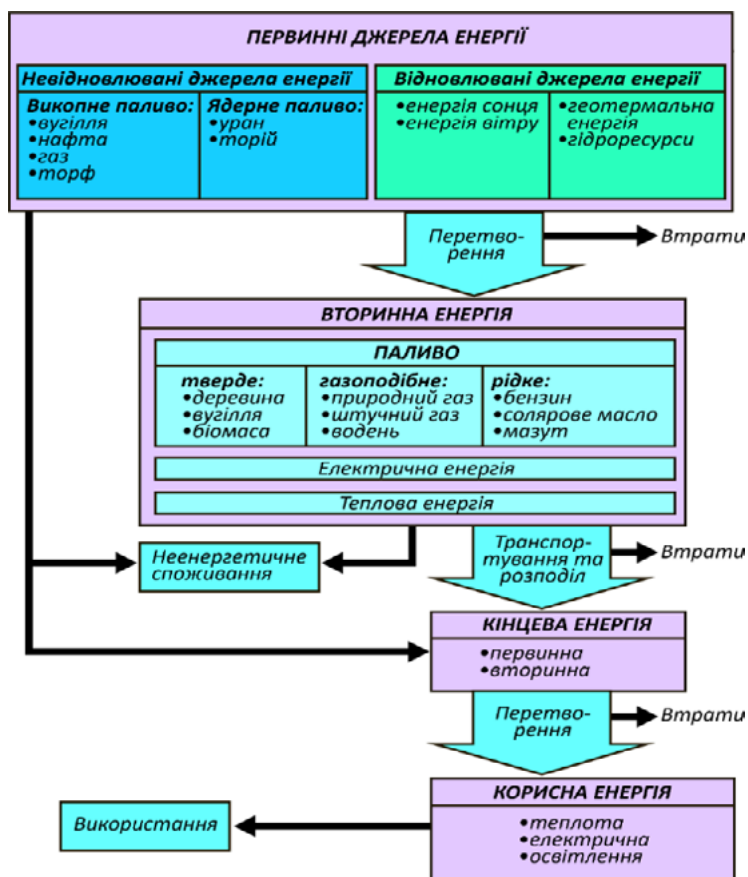


Рис. 19. Структура енергопостачання [8]

Структуру виробництва електроенергії в Україні в млн кВт•год показано на рис. 20.

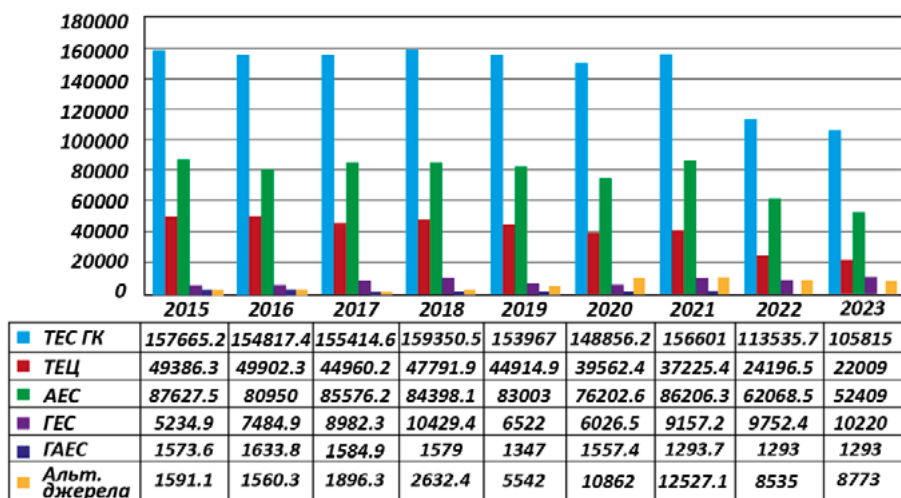


Рис. 20. Структура виробництва електроенергії в Україні, млн кВт•год

Картосхему енергетичної системи України, що побудовано за даними [9], представлено на рис. 21.



Рис. 21. Об'єднана енергетична система України [9]

Система представляє собою розгалужену структуру без будь-якого конкретного центру. Підприємства, які генерують електроенергію, віддають її в загальну мережу, через яку вона доходить до кінцевого споживача. У ній паралельно працюють атомні (АЕС), теплові (ТЕС) та гідроелектростанції (ГЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ), а також електростанції, які працюють на альтернативних (відновлювальних) джерелах електроенергії (ВДЕ) (сонячні, вітрові, біо- та інші) [9]. При цьому локальні мережі поєднані між собою через спеціалізовані підстанції.

Частку кожного складника в загальній структурі генерації електроенергії в Україні, за даними [9], представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Частки складників у загальній структурі генерації електроенергії в Україні

Складові джерел генерації	Частка
Атомні електростанції (АЕС)	51%
Теплоелектростанції (ТЕС)	27%
Теплоелектроцентралі	9%
Гідро та гідроакumuлюючі електростанції (ГЕС/ГАЕС)	5%
Сонячні електростанції (СЕС)	5%
Вітрові електростанції (ВЕС)	2%
Біостанції	1%

Натепер під впливом глобальних змін клімату та необхідністю зменшення викидів в атмосферу весь світ загалом й Україна зокрема потребують переходу на нові технології. З огляду на залежність нашої країни від імпорту палива, зношених, а часом і незадовільний стан генераційних потужностей, нерівномірність розподілу генерації та споживання енергії між регіонами, недостатню гнучкість енергосистеми, складні екологічні умови, що обмежують можливості розвитку енергетики, руйнацію російським агресором об'єктів інфраструктури тощо [7]

потрібні підходи щодо зменшення енергоємності, підвищення енергоефективності, перехід на відновлювальні джерела енергії, низьковуглецеві технології та зелену енергетику.

Вплив війни на енергетику й енергоресурси України досить значний. Після початку повномасштабного військового вторгнення РФ 24 лютого 2022 р. на територію України та постійних бомбардувань електроенергетичній галузі завдано величезної шкоди і руйнувань. Зруйновано понад 60% інфраструктури, в тому числі теплові гідроелектростанції, магістральні та розподільчі мережі, теплоелектроцентралі, підстанції з різними типами напруги. З експлуатації було виведено більшість вітрових і понад 50% сонячних електростанцій. У надскладних умовах працюють атомні станції [14; 15]. Все це здійснюється тільки з однією метою – залякати й зламати волю українців щодо протистояння російським військам.

Особливо чутливими для України були зима 2022–2023 рр. Атаки з боку агресорів ставали все більш регулярними, з використанням російських крилатих і балістичних ракет, безпілотників типу «Шахед» та артилерії, розміщеної вздовж границь та лінії фронту.

Картограму кількості атак на енергетичну інфраструктуру з 10 жовтня 2022 р. по 1 січня 2024 р. (за даними відкритих джерел) представлено на рис. 22.



Рис. 22. Картограма кількості атак на енергетичну інфраструктуру з 10 жовтня 2022 р. по 1 січня 2024 р. (за даними відкритих джерел)

У таких умовах на перший план висунулась проблема енергетичної безпеки не тільки безпосередньо для України, а й для всієї Європи.

Ще одною серйозною втратою для України стала руйнація дамби Каховської ГЕС, яка не тільки зменшила генераційні потужності, а й порушила формування ландшафту й екосистеми в регіоні, порушило енерго- і водозабезпечення значної частини півдня України, створило проблеми охолодження Запорізької АЕС.

За даними Всесвітнього банку, найбільші збитки отримали потужності з виробництва електроенергії, мережі передачі її розподілу та нафтосховища. Газова інфраструктура також понесла величезні збитки, проте точні цифри про це відсутні.

За даними Energy Charter International, російські війська контролюють 15% природного газу в Україні й не менше 150 газодобувних об'єктів, більшість яких через військові дії не працювали в Харківській області. За оцінками Всесвітнього банку, збитки газовому сектору (без урахування видобутку газу) становлять 1,3 млрд дол. США.

Україна понесла величезні збитки та втрати в електроенергії, які оцінюються в мільярди євро. Населення України випробувало величезні відключення електроенергії. Проте країна пододала й це випробування, істотно укріпив протиповітряну оборону завдяки допомозі США та країн ЄС та розпочавши децентралізацію своєї енергосистеми.

За оцінками аналітиків, повне відновлення енергетичної інфраструктури від втрат, заданих агресією РФ, займе з десятків років і вимагатиме значних ресурсів. При цьому Україна ставить за мету відновити енергетичну інфраструктуру за принципом Build Back Better, тобто відновити краще, ніж було, зокрема за рахунок децентралізації.

Майбутнє відбудування енергетичної галузі України повинно базуватися на відновлювальних джерелах енергії, оскільки країна має значний потенціал для виробництва декарбонізованої та відновлювальної електроенергії.

З урахуванням того, що частина вугільних і газових електростанцій зруйновані або серйозно пошкоджені, перехід на відновлювальні джерела енергії має ще більше значення. Це також сприяло б децентралізації мережі. За даними Міжнародної Енергетичної Хартії, Україна має один із найбільших потенціалів відновлювальної енергетики в Південно-Східній Європі – до 438 ГВт наземного вітру, 250 ГВт – офшорного вітру та 83 ГВт потужності сонячних електростанцій. За планами українського уряду до 2035 р., близько 50% усієї виробленої енергії повинно бути за рахунок джерел відновлювальної енергетики.

Швидкий розвиток вітряної та сонячної енергетики дасть змогу розвитку ще однієї перспективної технології – виробництву «зеленого» водню. Ця технологія є основою в процесі декарбонізації сучасної енергетики у світі, при цьому багато країн в Європі потребують водню. Наприклад, Німеччині до 2040 р. знадобиться від 100 до 300 ТВт•год водню на рік, а до 2050 р. – від 400 до 800 ТВт•год, і більшу частину цього водню доведеться імпортувати. Україна може стати потенційним постачальником «зеленого» водню в країни, де його не вистачає. Проте найбільший потенціал відновлювальної енергетики знаходиться на півдні та сході країни, які натеper перебувають під тимчасовою окупацією.

Крім того, Україна повинна використати й свої компетенції у сфері ядерної енергетики та в розвитку ланцюга виробництва ядерного палива, як для своїх потреб, так і для експорту в інші країни.

Висновки. Війна в Україні вже йде три роки й може принести країні додаткові проблеми. Агресор намагається вплинути на бойовий дух українців, викликати додаткові потоки біженців у Європу, порушити функціонування держави й її економіки тощо.

Підтримка, що надана Європейським Союзом та США, дозволила уникнути блекауту й забезпечити критично важливі об'єкти необхідною електроенергією.

Україна планує закупити до 100 високовольтних трансформаторів і розмістити їх на території Польщі та Румунії для використання в міру необхідності після російських атак. Державі вкрай необхідна допомога в гарантуванні безпеки інфраструктури енергетичної галузі, розмінування величезних територій навіть за високої загрози повітряних атак. Україна має високий потенціал, щоб стати важливою частиною енергосистеми ЄС, надати послуги щодо збереження газу в Європі.

Оскільки Україна має значний досвід і потенціал у сфері ядерної енергетики, запаси урану та потужності з розвитку ядерного палива, це дозволяє їй стати постачальником ядерного палива в інші країни, а використовуючи свої компетенції – одним із найважливіших розробників цієї енергії в Європі.

Список використаних джерел:

1. Паливно-енергетичні ресурси світу. *Geografiamozil*. URL: <https://geografiamozil2.jimdofree.com/головна/видобувна-промисловість/> (дата звернення: 12.12.2024).
2. Вікіпедія. *Список країн за видобутком урану*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_країн_за_видобутком_урану (дата звернення: 10.12.2024).
3. Державна служба статистики України. Паливно-енергетичні ресурси України С. 194. 2020. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/12/Zb_per.pdf (дата звернення: 02.11.2024).

4. Плачкова С. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-5/section-4/4-1> (дата звернення: 12.12.2024).
5. Кабінет Міністрів України. *Комплексна державна програма енергозбереження України*. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650> (дата звернення: 12.10.2024).
6. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Звіту з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2023 році. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0664874-23> (дата звернення: 12.11.2024).
7. Невідворотність переходу України до відновлюваної енергетики / Б.Г. Тучинський та ін. *Відновлювана енергетика*. 2020. № 4. С. 6–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vien_2020_4_3 (дата звернення: 12.12.2024).
8. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко, В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Київ : ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2003. 232 с.
9. Об'єднана енергетична система України (ОЕСУ). URL: <https://efront.in.ua/obyednana-energetychna-systema-ukrayiny-oesu> (дата звернення: 14.12.2024).
10. Yevdokimov Y., Chygryn O. Pimonenko, T., Lyulyov, O. Biogas as an alternative energy resource for Ukrainian companies: EU experience. *Innovative Marketing*. 2018. 14 (4). С. 7–15.
11. Energy Institute. *Statistical Review of World Energy*. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> (дата звернення: 12.11.2024).
12. Smil V. Energy Transitions: Global and National Perspectives. URL: <https://vaclavsmil.com/publications/> (дата звернення: 14.12.2024).
13. Global Coal Plant Tracker. URL: <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker> (дата звернення: 12.12.2024).
14. Управління Верховного комісара ООН з прав людини. *Масштабна атака на енергетичну інфраструктуру України*. URL: <https://ukraine.ohchr.org/uk/Massive-Attack-on-Ukraine-s-Energy-Infrastructure-Damages-and-Disrupts-Essential-Services> (дата звернення: 24.12.2024).
15. Електроенергетика України: стан і перспективи. URL: <https://blog.youcontrol.market/ieliektroienierghietika-ukrayini-stan-i-pierspiektivi/> (дата звернення: 12.11.2024).
16. Міністерство енергетики України. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проекту плану заходів з реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2050 року. URL: <https://mev.gov.ua/sites/default/files/2024-12/zvit-seo.pdf> (дата звернення: 24.12.2024).
17. Як добувають уран в Україні та як його можна використати для енергетичного сектора. URL: <https://geogroup.com.ua/blog/yak-dobuvayut-uran-v-ukrayini-ta-yak-jogo-mozhna-vykorystaty-dlya-energetychnogo-sektoru/> (дата звернення: 12.12.2024).
18. Кабінет Міністрів України. Комплексна державна програма енергозбереження України : Постанова № 148. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/148-97-p> (дата звернення: 14.12.24).
19. Data portal of the extractive industry of Ukraine. URL: <https://eiti.gov.ua/> (дата звернення: 25.03.2024).
20. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. *Public Report of the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine 2020*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik2018/zvit2020/zvit-2020-derjenergoefekt-2.pdf> (дата звернення: 14.12.2024).
21. Rimutis S. Lessons of War: Ukraine's Energy Infrastructure Damage, Resilience and Future Opportunities. URL: <https://www.gssc.lt/en/publication/lessons-of-war-ukraines-energy-infrastructure-damage-resilience-and-future-opportunities/> (дата звернення: 14.12.2024).

References:

1. Fuel and energy resources of the world. (n.d.). (2024). *Geografiamozil*. Retrieved 12.12.2024 from <https://geografiamozil2.jimdofree.com/main/extractive-industry/> [in Ukrainian].
2. Wikipedia. (n.d.). (2024). *List of countries by uranium production*. Retrieved 10.12.2024 from https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_країн_за_видобутком_урану [in Ukrainian].
3. State Statistics Service of Ukraine. (2020). *Fuel and energy resources of Ukraine (p. 194)*. Retrieved 02.11.2024 from https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/12/Zb_per.pdf [in Ukrainian].
4. Plachkova, S. (n.d.). (2024). Electric power industry and environmental protection. Functioning of energy in the modern world. Retrieved 12.12.2024 from <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-5/section-4/4-1> [in Ukrainian].

5. Cabinet of Ministers of Ukraine. (n.d.). (2024). *Comprehensive state energy saving program of Ukraine*. Retrieved 12.10.2024 from <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650> [in Ukrainian].
6. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023). *On approval of the report on the adequacy assessment of generating capacities to meet the forecast electricity demand and ensure the necessary reserve in 2023*. Retrieved 12.11.2024 from <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0664874-23> [in Ukrainian].
7. Tuchinsky, B.G., Kudrya, S.O., Ivanchenko, I.V., & Ivanchuk, V.Yu. (2020). The inevitability of Ukraine's transition to renewable energy. *Renewable Energy*, 4, 6–21. Retrieved 12.12.2024 from http://nbuv.gov.ua/UJRN/vien_2020_4_3 [in Ukrainian].
8. Varlamov, G.B., Lyubchik, G.M., & Malyarenko, V.A. (2003). Thermal power plants and environmental aspects of energy generation. *Polytechnic Publishing House NTUU "KPI"*, 232. [in Ukrainian].
9. United Energy System of Ukraine (UESU). (n.d.). (2024). Retrieved 14.12.2024 from <https://efront.in.ua/obyednana-energetychna-systema-ukrayiny-oesu/> [in Ukrainian].
10. Yevdokimov, Y., Chygryn, O., Pimonenko, T., & Lyulyov, O. (2018). Biogas as an alternative energy resource for Ukrainian companies: EU experience. *Innovative Marketing*, 14(4), 7–15.
11. Energy Institute. (2024). *Statistical Review of World Energy*. Retrieved 12.11.2024 from <https://www.energyinst.org/statistical-review>
12. Smil, V. (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives*. Retrieved 14.12.2024 from <https://vaclavsmil.com/publications>
13. Global Coal Plant Tracker. (n.d.). (2024). Retrieved 12.12.2024 from <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker>
14. Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights. (2024). *Massive attack on Ukraine's energy infrastructure*. Retrieved 24.12.2024 from <https://ukraine.ohchr.org/uk/Massive-Attack-on-Ukraine-s-Energy-Infrastructure-Damages-and-Disrupts-Essential-Services> [in Ukrainian].
15. Electric power industry of Ukraine: State and prospects. (2024). Retrieved 12.11.2024 from (2024). <https://blog.youcontrol.market/ieliektroienierghietika-ukrayini-stan-i-pierspiektivi/> [in Ukrainian].
16. Ministry of Energy of Ukraine. (2024). *Report on the strategic environmental assessment of the action plan for the implementation of Ukraine's energy strategy until 2050*. Retrieved 24.12.2024 from <https://mev.gov.ua/sites/default/files/2024-12/zvit-seo.pdf> [in Ukrainian].
17. How uranium is mined in Ukraine and how it can be used for the energy sector. (n.d.). (2024). Retrieved 12.12.2024 from <https://geogroup.com.ua/blog/yak-dobuvayut-uran-v-ukrayini-ta-yak-jogo-mozhna-vykorystaty-dlya-energetychnogo-sektoru/> [in Ukrainian].
18. Cabinet of Ministers of Ukraine. (1997, February 5). *Comprehensive state energy saving program of Ukraine. Resolution No. 148*. Retrieved 14.12.2024 from <https://zakon.rada.gov.ua/go/148-97-п> [in Ukrainian].
19. Data portal of the extractive industry of Ukraine. (2024). Retrieved 12.11.2024 from <https://eiti.gov.ua/>
20. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. (2021). *Public report of the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine 2020*. Retrieved 14.12.2024 from <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik2018/zvit2020/zvit-2020-derjenergoefekt-2.pdf>
21. Rimutis, S. (n.d.). (2024). *Lessons of war: Ukraine's energy infrastructure damage, resilience, and future opportunities*. Retrieved 14.12.2024 from <https://www.gssc.lt/en/publication/lessons-of-war-ukraines-energy-infrastructure-damage-resilience-and-future-opportunities/>