

Олена М. Лютак¹, Олена В. Баула², Владислав І. Куценко³, Сергій В. Іванцов⁴

ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ У ГЛОБАЛЬНІЙ ПАРАДИГМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У статті досліджено сучасні тенденції трансформації глобального енергетичного ринку через призму сталого розвитку. Сформовано основні тренди та особливості зміни енергетичного балансу провідних країн світу, акцентовано увагу на зростання ролі відновлювальних джерел енергії в загальному енергетичному балансі. Особливу увагу сконцентровано на енергетичній трансформації ринку України, нормативно-правовому забезпеченні в контексті реалізації євро інтеграційного курсу та забезпечення сталого розвитку у післявоєнній відбудові.

Ключові слова: сталий розвиток, глобалізація, фінансове забезпечення сталого розвитку, енергетична незалежність, енергетичний баланс, відновлювальні джерела енергії.

Рис. 3. Літ. 16.

DOI: 10.32752/1993-6788-2023-1-264-69-76

Olena M. Liutak, Olena V. Baula, Vladyslav I. Kutsenko, Serhii V. Ivantsov

ENERGY TRANSFORMATION IN THE GLOBAL PARADIGM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The article examines the current trends in the transformation of the global energy market through the prism of sustainable development. The main trends and features of the change in the energy balance of the leading countries of the world are formed, attention is focused on the growing role of renewable energy sources in the overall energy balance. Special attention is focused on the energy transformation of the Ukrainian market, regulatory and legal support in the context of the implementation of the Euro integration course and ensuring sustainable development in the post-war reconstruction.

Keywords: sustainable development, globalization, financial support for sustainable development, energy independence, energy balance, renewable energy sources.

Peer-reviewed, approved and placed: 11.06.2023.

Постановка проблеми. В сучасних умовах зростання споживання та поглиблення енергетичної залежності суспільства від вичерпних джерел енергії особливої ваги набуває енергетична трансформація структури використання енергетичних ресурсів, перехід на альтернативні джерела енергії та відповідно формування енергетичної незалежності на засадах сталого розвитку. Окрім того все більше країн світу при визначенні перспективних напрямів розвитку своїх енергетичних систем надають перевагу декарбонізації, розширенні доступу до енергетичних ресурсів, оцінюванні впливу нових викликів та загроз щодо формуванню та реалізації концепції національної енергетичної безпеки. Для України питання, що пов'язані зі зменшенням залежності від імпортних енергетичних ресурсів набувають особливої ваги в контексті енергетичної незалежності та безпеки, зростанням рівня ефективності використання ресурсів на засадах сталого

¹ Lutsk National Technical University. Ukraine.

² Lutsk National Technical University. Ukraine.

³ Lutsk National Technical University. Ukraine.

⁴ University of Customs and Finance. Ukraine.

розвитку з подальшою інтеграцією у європейський енергетичний простір, де чітко прописані вимоги та стандарти у цій сфері.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед вітчизняних та зарубіжних вчених, дослідження яких присвячені висвітленню різних аспектів розвитку глобальних трансформацій енергетичних ринків, диверсифікації джерел енергії, активізації використання відновлювальних джерел енергії в сучасних умовах на особливу увагу заслуговують праці таких науковців як Базеев Є. [4], Бурмака М. [2], Геєць В. [4], Кириленко О. [4], Рудьковський С, Рошканюк В. [9], Столярчук Я. [13], Ткачук А. [14], Щуров І. [11], Cherp A., Jewell J. [12], Takuma Watari, Benjamin C.McLellan, Damien Giurco, Elsa Dominishb, Eiji Yamasuec, Keisuke Nansaide [16].

Мета дослідження полягає у визначенні ключових трендів, щодо енергетичної трансформації світової економіки на засадах сталого розвитку, з врахуванням активізації використання відновлювальних джерел енергії та забезпеченні енергетичної незалежності країн.

Основні результати дослідження. В найбільш загальному значенні «енергетична трансформація означає перехід світового енергетичного сектора від систем виробництва і споживання енергії на основі копалин, зокрема нафту, природний газ і вугілля, до поновлюваних джерел енергії, таких як вітер і сонце, а також використовуючи літій-іонні акумулятори.

Розширення масштабів використання поновлюваних джерел енергії в структурі енергопостачання, початок електрифікації та вдосконалення системи зберігання енергії — все це ключові чинники енергетичної трансформації» [5]. Сучасні тренди формують перехід на альтернативні джерела енергії не лише за рахунок їх меншої вартості, а й як елемент національної безпеки, зменшення викидів і як основний інструмент забезпечення сталого розвитку світової економіки. Починаючи з енергетичної кризи 70-х років ХХ століття питання щодо зменшення енергомісткості продукції та використання альтернативних джерел енергії набуло особливої ваги, та стимулювало уряди багатьох країн до розробки політик, практик та інструментарію щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та перш за все зменшення використання вичерпних джерел енергії.

Основним показником, що характеризує рівень глобальної енергетичної трансформації з позиції сталого розвитку, та зростання альтернативних джерел енергії у структурі енергетичного балансу є частка використання відновлювальної енергії у кінцевому споживанні (рис.1).

Як видно з рис .1, за останні 10 років частка використання відновлювальної енергії суттєво зросла з 16,75% до 21,8% у 2021 році, і темпи таких змін залишаються високими. В абсолютних значеннях результатом змін і диверсифікації енергетичного балансу стало те, що на кінець 2021 року в усьому світі запрацювали 3064 гігават (ГВт) потужностей відновлюваної генерації, у тому числі 40% припало гідроелектростанції (1230 ГВт), 28% на сонячні електростанції та 27% на вітрові електростанції. За міжнародною статистикою, сонячна енергетика та вітер з роками зростали у рази швидше, ніж гідроенергія [10].

Слід зазначити, що лідером в системній трансформації своїх енергетичних систем на засадах сталого розвитку стали країни Європейського Союзу. Звичайно, відновлювана енергетика набула значного розвитку в усіх країнах по всьому світу і стала стійкою альтернативою викопному паливу. Проте деякі країни досягли значного прогресу у виробництві відновлюваної енергії, зокрема Ісландія лідирує з вражаючими 86,87% енергії, виробленої з відновлюваних джерел, слідом за нею йде Норвегія – 71,56% та Швеція – 50,92% – тобто більша половина енергетичних потужностей та відповідно енергетичного балансу зосереджені на альтернативній енергетиці.

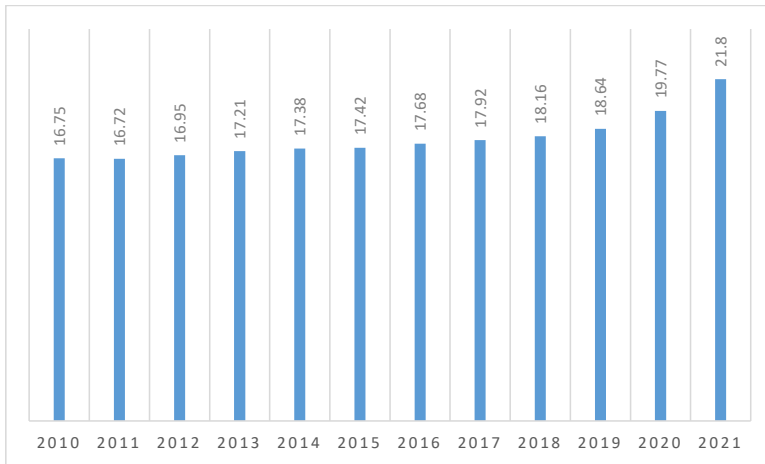


Рис. 1. Частка валового кінцевого споживання енергії з відновлюваних джерел, %

Високий відсоток цих країн значною мірою пояснюється їхніми багатими природними ресурсами, такими як геотермальна, гідро- та вітрова енергія. Потенціал геотермальної енергії Ісландії, наприклад, дозволяє їй виробляти значну частину своєї електроенергії екологічно. Подібним чином величезні гідроенергетичні потужності Норвегії дозволяють їй значною мірою покладатися на відновлювані джерела. Крім того, такі країни, як Бразилія, Нова Зеландія та Данія, також займають важливе місце в списку лідерів (рис. 2) у впровадженні принципів сталого розвитку в енергетичну трансформацію, демонструючи свою відданість використанню відновлюваної енергії та перехід на збалансоване споживання в умовах сталого розвитку.

Ці статистичні дані підкреслюють глобальний зсув у бік відновлюваних джерел енергії. Багато країн визнали важливість скорочення викидів вуглекислого газу та пом'якшення кліматичних змін шляхом переходу на більш чисту енергію. Технологічний прогрес, сприятлива урядова політика та підвищення обізнаності громадськості сприяли зростанню відновлюваної енергії в усьому світі. Оскільки країни продовжують інвестувати у відновлювану інфраструктуру та досліджувати інноваційні рішення, очікується, що частка електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, у найближчі роки продовжить зростати ще більшими темпами [3].

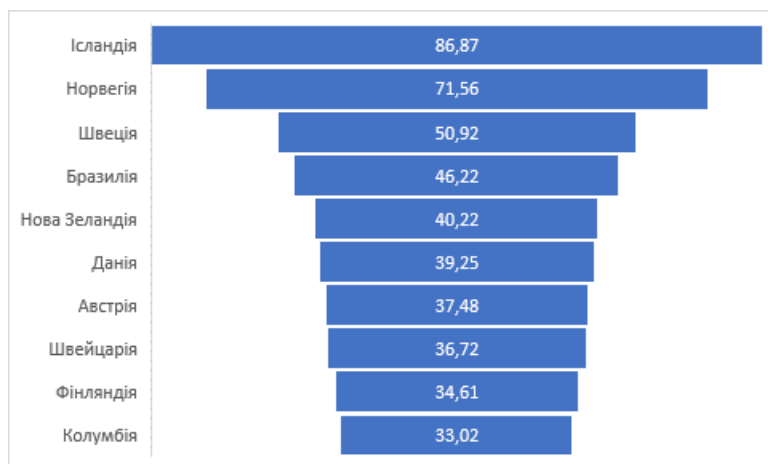


Рис. 2. Країни-виробники відновлюваної енергії, % від у загальному енергетичному балансі, складено авторами на основі [15]

Окремо варто звернути увагу на структуру відновлювальних джерел та їх внутрішню трансформацію. До недавнього часу переважну більшість в системі альтернативної енергетики займала гідроенергетика, частка якої переважала 65%. В останні роки активно розбудовується вітрова та сонячна генерація, які є більш доступнішими, легшими щодо інвестування та налагодження й зростання потужностей (рис. 3).

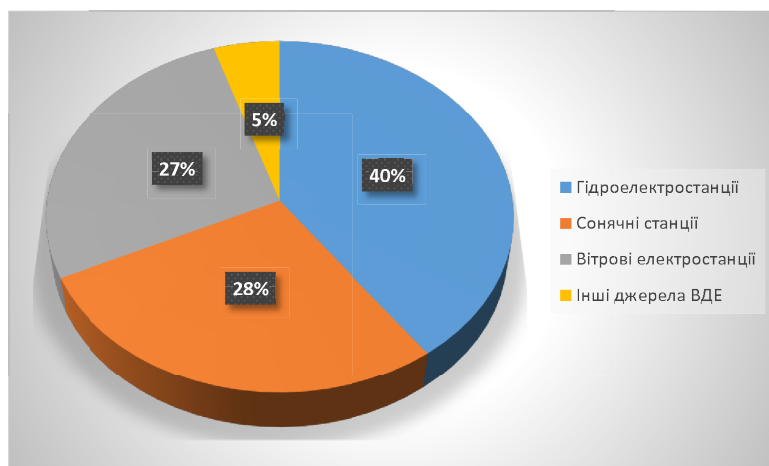


Рис. 3. Структура відновлювальних джерел у 2021 році

Як видно з рисунку основну частку продовжує утримувати гідрога генерація енергії, стрімко нарощує свій потенціал сонячна та вітрова система відновлювальних джерел енергії.

Аналізуючи нормативну базу ЄС ми можемо констатувати, що показник у 32% щодо використання енергії з відновлювальних джерел, який прописаний Директивою 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел, є ще достатньо високим. У 2021 році ця частка становила 21,8%, тобто резерв щодо нарощення є значним, а країни ЄС повинні активізувати свої зусилля, щоб залишатися вище базового рівня, встановленого в Регламенті 2018/1999 щодо управління енергетичним союзом і кліматичних дій, і дотримуватися необхідної траєкторії ЄС. Це особливо актуально з огляду на те, що в 2021 році Комісія опублікувала свою пропозицію щодо внесення змін до Директиви про відновлювані джерела енергії, де вона має на меті збільшити цю ціль до 40%, а план REPowerEU у 2022 році підвищить цю ціль ще до 45% [6].

Після повномасштабного вторгнення росії в Україну тенденції щодо формування національної енергетичної незалежності зокрема в країнах ЄС зазнали суттєвих трансформацій. Ще до 2022 року частка російського імпорту в структурі енергетичного балансу Німеччини перевищувала 50%. Запровадження манкцій та бажання диверсифікувати структуру імпорту у частині енергетичних ресурсів призвели до суттєвого скорочення російської частки в енергетичному балансі ЄС в цілому та Німеччини зокрема. Сьогодні ми можемо констатувати, що частка енергетичного імпорту США перевищила імпорт з росії, чого не було вже понад 30 років. Це говорить і про різку трансформацію та диверсифікацію енергетичного балансу країн Європи, а також про продовження нарощення використання альтернативних джерел енергії.

Ціль сталого розвитку «Доступна та чиста енергія» передбачає забезпечення загального доступу до недорогої електроенергії до 2030 року інвестиції в екологічно чисті джерела енергії, такі як енергія сонця, вітру та тепла енергія. Прогнозується, що запровадження економічно ефективних стандартів для ширшого спектру технологій також може зменшити споживання електроенергії у будівлях і промисловості у всьому світі на 14%. Тобто енергетична трансформація в напрямку нарощення використання альтернативних джерел енергії передбачає як зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, так і підвищення рівня прибутковості суб'єктів ринку за рахунок здешевлення енергетичної складової у собівартості товарів та послуг.

За даними НКРЕКП, станом на 31 грудня 2021 року, встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9 655,9 МВт, включно з сонячними установками для приватних домогосподарств (дСЕС), або 8 450,8 МВт — без дСЕС. Переважна більшість встановлених наразі в країні об'єктів відновлюваної енергетики, зосереджені у південних та південно-східних областях України, де вже протягом останніх місяців безупинно точаться активні бойові дії. З перших же годин після вторгнення, російські війська масовано обстрілюють критичні об'єкти енергетичної інфраструктури: високовольтні мережі, трансформаторні підстанції, диспетчерські пункти, а також безпосередньо електростанції, включно з об'єктами відновлюваної енергетики. Загалом, після об'єктів атомної

енергетики та ліній електропередачі, електростанції відновлюваної енергетики стали другими по пріоритетності знищення для російських загарбників. [7].

Незважаючи на складну військову ситуація пріоритетність енергетичної складовою у забезпеченні сталого розвитку України зберігається. Зокрема у червні 2023 р. був підписаний Закон щодо відновлення та зеленої трансформації енергетичної системи України, що врегульовує надзвичайно широкий спектр питань та існуючих проблем галузі альтернативної енергетики України, а саме: запроваджена система видачі гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, механізм ринкової премії, запровадження можливості завершення будівництва та введення в експлуатацію до кінця 2023 року об'єктів, що планують виробляти електричну енергію за «зеленим» тарифом. Крім того мали місце інші законодавчі ініціативи, які закріпили формування енергетичної стратегії України до 2030 р. та схвалено Стратегію енергетичної безпеки, де враховані наслідки повномасштабної війни, посилення ролі енергетичної безпеки та зміцнення стійкості енергосистеми, результати приєднання ОЕС України до європейської мережі операторів системи передачі електроенергії (ENTSO-E) та поглиблення інтеграції енергетичної системи України в загальноєвропейську; наявність новітніх технологій (виробництво та використання водню, малі модульні ядерні реактори, установки зберігання енергії), технічні зміни в енергетичному секторі, світові тренди та інноваційні рішення, вимоги до екологічної безпеки згідно з нормами ЄС та прийнятим зобов'язанням України; міжнародні зобов'язання України щодо енергоефективності та використання ВДЕ, зменшення викидів парникових газів тощо; децентралізація генерації електроенергії по всій території країни.

Як зазначає Рошканюк В.М. «зелена» енергетична трансформація планується в якості ключового пріоритету відновлення, а також – що суб'єкти господарювання відіграватимуть особливу роль у цьому процесі [9].

Фінансове забезпечення активізації використання альтернативних джерел енергії та відповідно забезпечення енергетичного балансу на засадах сталого розвитку ґрунтується на активізації механізмів іноземного фінансування, державної підтримки та кредитування міжнародних інституцій, які дають змогу зменшити рівень тінізації як в цій сфері, так і в контексті глобального галузевого розвитку в цілому [1].

Як зазначає Щуров І.В. «Темпи оновлення та модернізації існуючих технічних систем в енергетичному комплексі залишаються не достатніми. Аналітична оцінка результативності інноваційно-інвестиційних механізмів забезпечення функціонування енергетичного сектору країни в умовах енергетичного переходу потребує одночасного проведення відповідного аналізу цільових показників сталого розвитку країни» [11].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Сучасні тенденції трансформації світового ринку енергетичних ресурсів сформувати стійкий тренд до нарощення використання альтернативних джерел енергії, які передбачають впровадження принципів та цілей сталого розвитку як в

діяльність великих суб'єктів господарювання так і пересічних громадян сіх країн світу. В основі таких змін лежить бажання досягнути енергетичної безпеки, диверсифікувати енергетичні джерела за способом походження та країною постачання, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Для України питання трансформації енергетичного ринку та балансу набули особливої ваги як в контексті повномасштабного вторгнення так і з активізацією реалізації євроінтеграційного курсу нашої держави, оскільки в ЄС вже чітко сформовані показники щодо використанню енергії з відновлюваних джерел і нам потрібно максимально наблизитись до їх використання.

1. Баула О.В., Лютак О.М. Роль світових фінансових інституцій у детінізації глобальної економіки. Економічний форум. №2. 2023. с31-39. <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2023-2-6>

2. Бурмака М., Рудковський С. Глобальні трансформації енергетичного ринку. Міжнародна економічна політика. 2021. № 2 (35). С. 28—54. <https://doi.org/10.33111/iep.2021.34.02>

3. Відновлювані джерела енергії за країнами. <https://wisevoter.com/country-rankings/renewable-energy-by-country/#countries-with-the-most-renewable-energy>

4. Геєць В.М., Кириленко О.В., Басок Б.І., Базєєв Є.Т. Енергетична стратегія: прогнози і реалії (огляд). Наука та інновації. 2020. Т. 16. № 1. С. 3—15. <https://doi.org/10.15407/scin16.01.003>

5. Огляд сталого розвитку. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2021/sustainability-snapshots-energy-transition-vol-1>

6. Офіційний сайт Європейського Союзу. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230119-1>

7. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. URL: https://razumkov.org.ua/statti/sekto-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftnref25

8. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. Офіційний вісник України. 2023. № 47, ст. 2575.

9. Рощанюк В. М., Токунова А. В. Роль концепції бізнесу і прав людини у досягненні цілей «зеленої» енергетичної трансформації в Україні. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. Ужгород : Видавництво «Гельветика», 2023. Вип.78(1). С. 281-285.

10. Статистика світового ринку ВДЕ за 2021 рік від IRENA. URL: <https://avenston.com/articles/renewable-capacity-2021/>

11. Щуров І.В. Методологія системної трансформації енергетичного сектора національної економіки в умовах енергетичного переходу. «Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут"». № 23, 2022. С.90-94. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50702/1/EV-2022-23_p90-95.pdf

12. Cherp A., Jewell J. (2014) The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. Energy Policy, 75, 415–421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>.

13. Liutak, O., Baula, O., Poruchnyk A., StoliarchukYa., Kravchuk, P., KostynetsIu. The Development Of Renewable Energy In The Context Of Formation Of Innovative Economy And Energy Independence As The Geopolitical Priorities Of The State. Conf. Series: Earthand Environmental Science 628 (2021) 012012. doi:10.1088/1755-1315/628/1/012012 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/628/1/012012/pdf>

14. Liutak, O., Baula, O., & Tkachuk, A. (2023). Simulation of the influence of investment and innovation activities on ensuring the international competitiveness of countries. Informatyka, Automatyka, Pomiarы W Gospodarce I Ochronie rodowiska, 13(2), 86-92. URL: <https://doi.org/10.35784/iapgos.3470>

15. Renewable Energy by Country. URL: <https://wisevoter.com/country-rankings/renewable-energy-by-country/#renewable-energy-percentage-by-country>

16. Takuma Watari, Benjamin C.McLellan, Damien Giurco, Elsa Dominishb, Eiji Yamasuec, Keisuke Nansaide. Total material requirement for the global energy transition to 2050: A focus on transport and electricity. Resources, Conservation and Recycling. Vol. 148. September. 2019. P. 91–103.

1. Baula O.V., Liutak O.M. The role of world financial institutions in the detinization of the global economy. *Economic Forum*. No. 2. 2023. c31-39. <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2023-2-6>
2. Burmaka M., Rudkovskiy S. Global transformations of the energy market. *International economic policy*. 2021. No. 2 (35). P. 28-54. <https://doi.org/10.33111/iep.2021.34.02>
3. Renewable energy sources by country. <https://wisevoter.com/country-rankings/renewable-energy-by-country/#countries-with-the-most-renewable-energy>
4. Geets V.M., Kirylenko O.V., Basok B.I., Bazeev Y.T. Energy strategy: forecasts and realities (review). *Science and innovation*. 2020. Vol. 16. No. 1. P. 3–15. <https://doi.org/10.15407/scin16.01.003>
5. Overview of sustainable development. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2021/sustainability-snapshots-energy-transition-vol-1>
6. Renewable energy sector of Ukraine before, during and after the war. URL: https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislyaviyiny#_ftnref25
7. On the approval of the Energy Security Strategy: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 4, 2021 No. 907 Official Gazette of Ukraine. 2021. No. 64, Art. 4071.
8. On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2050: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 21, 2023 No. 373. Official Gazette of Ukraine. 2023. No. 47, Art. 2575.
9. Roskhaniuk V. M., Tokunova A. V. The role of the concept of business and human rights in achieving the goals of "green" energy transformation in Ukraine. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series: Law*. Uzhhorod: "Helvetyka" Publishing House, 2023. Issue 78(1). P. 281-285.
10. Statistics of the global RES market for 2021 from IRENA. URL: <https://avenston.com/articles/renewable-capacity-2021/>
11. Shchurov I.V. Methodology of systemic transformation of the energy sector of the national economy in the conditions of the energy transition. "Economic bulletin of NTUU "Kyiv Polytechnic Institute"". No. 23, 2022. P.90-94. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50702/1/EV-2022-23_p90-95.pdf
12. Cherp A., Jewell J. (2014) The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 75, 415–421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>.
13. Liutak, O., Baula, O., Poruchnyk A., StoliarchukYa., Kravchuk, P., Kostynetslu. The Development Of Renewable Energy In The Context Of Formation Of Innovative Economy And Energy Independence As The Geopolitical Priorities Of The State. *Conf. Series: Earthand Environmental Science* 628 (2021) 012012. doi:10.1088/1755-1315/628/1/012012 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/628/1/012012/pdf>
14. Liutak, O., Baula, O., & Tkachuk, A. (2023). Simulation of the influence of investment and innovation activities on ensuring the international competitiveness of countries. *Informatyka, Automatyka, Pomiry W Gospodarce I Ochronie rodowiska*, 13(2), 86-92. URL: <https://doi.org/10.35784/iapgos.3470>
15. Renewable Energy by Country. URL: <https://wisevoter.com/country-rankings/renewable-energy-by-country/#renewable-energy-percentage-by-country>
16. Takuma Watari, Benjamin C.McLellan, Damien Giurco, Elsa Dominishb, Eiji Yamasuec, Keisuke Nansaid. Total material requirement for the global energy transition to 2050: A focus on transport and electricity. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 148. September. 2019. P. 91–103.