

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-97>

УДК 33:502/504

ЕНЕРГОРИНОК УКРАЇНИ І МАЛІ ВИРОБНИКИ: МОЖЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ¹

UKRAINIAN ENERGY MARKET AND SMALL PRODUCERS: INTEGRATION OPPORTUNITIES

Письменна Уляна Євгенівна

доктор економічних наук, доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0123-1973>

Трипольська Галина Сергіївна

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,
Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8830-7036>

Кубатко Олександра Вікторівна

кандидат економічних наук, доцент,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-7727>

Pysmenna Uliana

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Trypolska Galyna

SO «Institute for Economics and Forecasting,
Ukrainian National Academy of Sciences»

Kubatko Oleksandra

Sumy State University

Досліджено питання створення інституційних і економічних умов для максимізації участі у ринку електроенергії малих виробників та, зокрема, споживачів-виробників (прос'юмерів), а також пошуку форм такої участі. Вивчено, за яких умов перехід від продажів електроенергії таких виробників на роздрібному ринку за зеленим тарифом до продажу за механізмом нетто-білінгу або напряду на ринковій платформі «на добу наперед» здатний створити додаткові економічні стимули для розвитку малих виробників та прос'юмерів. Доведено, що такий перехід стимулює появу нових малих виробників та активних споживачів, а так їхню консолідацію у нові агреговані ринкові форми. У зв'язку з цим, доведено важливість підтримки допоміжних ринкових агентів (агрегаторів, ринкових платформ, девелоперів), здатних створювати інституційні та економічні передумови для їхньої участі в організованих сегментах ринку електроенергії.

Ключові слова: малі виробники електроенергії, прос'юмери, енергетичні ринки, агрегатори, децентралізація.

The purpose of the study is to find the ways to enhance the participation of small producers and, in particular, consumer-producers (prosumers) in electricity markets, as well as the search for forms of such participation, by creating the appropriate institutional and economic conditions. It has been studied under which conditions the transition from electricity sales by such producers on the retail market under the feed-in-tariff to the sales under the net-billing mechanism or directly on the day-ahead market platform can create additional economic incentives for small producers and prosumers development. It is proven that such a transition stimulates the emergence of new small producers and active consumers, as well as their consolidation in the market into new aggregated market forms. In

¹ Публікація підготовлена у рамках виконання наукового проекту «Розроблення економічних механізмів підвищення енергоефективності та сталого розвитку відновлюваної енергетики у домогосподарствах України» (№ д/р 0122U001233), який фінансується Національним фондом досліджень України



this regard, the importance of auxiliary market agents support (aggregators, market platforms, developers), which are capable to create the necessary institutional and economic prerequisites for them in the organized segments of the electricity market, has been proven. In the developed electricity markets of the world, as well as in Ukraine, despite the influence of the Russia's military aggression, there is an increase in the number and the strengthening of small producers role. The consequences of attacks on the state's energy infrastructure have shown, that the decentralized power system is capable of automating energy supply and thereby reducing the risks of disruptions to critical energy infrastructure. The regulatory changes necessary to enhance the market participation of small producers and to increase their economic attractiveness need to be investigated. It is concluded that, along with the adapted support policy aimed at the lowering the equipment cost, licensing requirements simplifying, financial support, the promotion of aggregators acting as the small producers and prosumers agents in the "day-ahead" market, together with the expansion of electric storages by small producers, within the sufficiently high electricity prices will provide the necessary economic prerequisites for the small producers participation in the market.

Keywords: small electricity producers, prosumers, energy markets, aggregators, decentralization.

Постановка проблеми. Експлуатація та управління системами енергозабезпечення України, спроектованих за радянських часів як великі інтегровані макросистеми – регіональні електричні об'єднання, які створюють ОЕС (Об'єднану енергосистему) України, спирається на крупнопотужні енергогенеруючі та енергорозподільні елементи енергетичної інфраструктури. Серед переваг великої електроенергетики – можливості забезпечення енергоємних промислових регіонів, низькі технологічні втрати при виробництві і транзиті електроенергії, порівняно невисока собівартість завдяки ефекту масштабу та залучення в електробаланс генеруючих одиниць великої потужності атомної та гідроенергетики. Проте, недоліки, а саме, обмежена гнучкість, маневреність потужності таких систем, неможливість диспетчеризації малопотужних агрегатів та активних споживачів (споживачів зі змінним навантаженням), обмежують можливості оптимізації завантаження потужностей у таких системах.

У той же час, у розвинених ринках електричної енергії світу, а також в Україні, попри вплив військової агресії росії, спостерігається зростання кількості та посилення значення малих виробників (малими виробниками у переважній кількості країн світу визнані промислові та побутові електростанції зі встановленою потужністю, яка менша або дорівнює 1 МВт) та прос'юмерів (виробників, які поєднують виробництво і споживання, тобто, окрім самозабезпечення енергією видають її надлишки в мережу для потреб інших споживачів). Існують різноманітні типи агрегації малих виробників та/або прос'юмерів: енергетичні кооперативи або мікромережі, агрегатори, що здатні поєднувати малі потужності для участі в енергоринку, а також децентралізовані локальні енергомережі, призначені для стимулювання внутрішнього обміну електроенергією та вирішення мережевих проблем на локальному рівні шляхом оптимізації потужностей та управління попитом.

Як показали наслідки обстрілів енергетичної інфраструктури держави, децентралізована енергетика здатна автономізувати енергопостачання і тим самим зменшувати ризики порушень роботи критичної енергетичної інфраструктури. Постає питання, які регуляторні зміни необхідні для посилення участі у ринку малих виробників, підвищення економічної привабливості їхньої діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідники звертають увагу на прос'юмерів як на особливу групу виробників енергії з їх здатністю до локального виробництва, гнучкого споживання, що здатні змінити формат енергетичних систем та ринків. Переваги гнучких енергогенеруючих та енергоспоживаючих потужностей прос'юмерів представлено в [1]. Результати досліджень показали переваги наявності прос'юмерів та активних споживачів: загальні витрати мережі зменшились на 16%, зростає гнучкість мережі, оскільки прос'юмери можуть торгувати енергією між собою, а також із мережею. 27% зниження втрат енергії досягнуто за рахунок розбудови локальної генерації. У той же час, дослідники зазначають про важливість організації належної диспетчеризації та керування децентралізованими мережами, аби запобігти виникненню перевантажень через двонаправлені потоки електроенергії.

Дослідження загальноекономічних умов розвитку малих виробників та, зокрема, прос'юмерів свідчать, що децентралізована енергетика та прос'юмеризм є новими дієвими способами забезпечення енергетичної незалежності та безпеки, подолання енергетичної бідності через більшу доступність та екологічність енергії навіть для тих економік, що розвиваються [2].

Гжанічем та ін. [3] проведено огляд стратегій ціноутворення та шляхів створення можливостей самозабезпечення енергією для домогосподарств. Ця робота вивчає три моделі взаємодії прос'юмерів у межах мережі: гнучкість одного прос'юмера, об'єднання кількох гнучких прос'юмерів та енергетичний кооператив із можливістю однорангової торгівлі, а також два різних типи агрегації: мікромережі та енергетичні спільноти. На ранніх стадіях прос'юмерів здебільшого домінують окремі одиниці (домогосподарства) із певною присутністю енергетичних спільнот, але без реалізації протоколу р2р (peer-to-peer, однорангова торгівля) через недостатні темпи розвитку «розумних» мереж. Гжаніч та ін. дослідили стимули для домогосподарств стати активними учасниками ринку, зокрема динамічні ринкові ціни, зниження плати за мережу, механізми ціноутворення для нових балансуєчих груп, пряма торгівля.

У той же час, питання умов участі в організованих ринках електроенергії на ранніх етапах їхнього становлення, інституційних умов агрегації малих виробників та прос'юмерів потребує подальших досліджень.

Формулювання цілей статті. Головною метою роботи є дослідження організаційно-інституційних та економічних передумов виходу малих виробників електричної енергії та споживачів-виробників на організовані сегменти ринку електричної енергії в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Децентралізація як чинник появи нових ринкових форм.* Децентралізація ринку електроенергії передбачає можливість виробників, які виходять із кола їхніх самозобов'язань: можливість обирати шляхи постачання договірної енергії в узгоджене місце, можливість взаємодіяти з іншими виробниками (агрегування, обмін електроенергією через двосторонню торгівлю тощо) [4]. Інституційно це означає організацію короткострокових внутрішньодобових ринків, ринків реального часу, зон самодиспетчеризації, мікрорівневих засобів подолання пікових навантажень, торгівлі р2р і залучення учасників ринку з якомога меншими можливостями та річні обсяги споживання. Рання стадія децентралізації ринку електроенергії може означати впровадження ранніх стандартів SMART grid (Smart Grid 1.0-2.0 – реагування на попит, розподілена автоматизація, IP-протокол; – електромобілі; зберігання енергії, «розумні» лічильники).

Децентралізація енергосистеми за рахунок технологічного рівня мережі визначає можливість інтеграції прос'юмерів у ринок поза межами моделі самозабезпечення та видачу надлишків в розподільчу електричну мережу. Так, варто згадати відомий пілотний проект Hawaiian Electric і Honeywell, який продемонстрував, як технології реагування на попит можуть допомогти інтегрувати прос'юмерів у мережу. Також відомим прикладом є ADDRESS – керована розподільна мережа для інтеграції «активного споживача» та FENIX – система, яка передбачає побудову гнучкої електричної мережі, основними цілями якого є: впровадження віртуальних електростанцій, включення в загальну систему розподілених джерел генерації і відновлюваних джерел енергоресурсів.

Зазначені вище ранні стадії децентралізації енергетичного ринку відповідають першим двом етапам розвитку мережі: 1) розвиток звичайних мереж; швидка ідентифікація збоїв та самовідновлення через автоматику мережі; інтелектуальні вимірювання; 2) інтелектуальна інтегрована генерація: балансування енергосистеми з великою часткою змінних відновлюваних джерел енергії, у тому числі з децентралізованою генерацією; інтеграція електричних транспортних засобів та опалення і систем охолодження; інтелектуальні рішення акумулювання енергії.

Для цього на багатьох розвинутих енергетичних ринках механізми гнучкості запроваджуються як на роздрібному (агрегатори на локальних ринках гнучкості), так і на оптовому (організованому) сегментах ринковими платформами, зокрема, ринковий механізм гнучкості «на добу наперед». Достатні цінові стимули та усунення бар'єрів є ключем для успішної участі в таких сегментах агрегованих малих виробників.

Кон'юнктура електроенергетичного ринку. Згідно з дослідженням [5] мала ВДЕ-генерація в Україні має потужність 185 МВт, що є меншим, аніж 2,5% від встановлених в Україні ВДЕ-потужностей, та втричі менше, ніж встановлена потужність генеруючих одиниць, які належать домогосподарствам (615 МВт). Стосовно прос'юмерів, прогнозована встановлена потужність сонячних установок в Україні в домогосподарствах та енергетичних кооперативах складає 1150 МВт та, згідно з проектом Національного плану розвитку ВДЕ до 2030 р., має зрости до 2947 МВт до 2030 р. [6] У дослідженні [5] наголошується, що через адміністративні бар'єри та недосконалу регу-

ляторну політику електростанції потужністю до 1 МВт займають найменшу частку ринку, а у самому сегменті до 1 МВт найменші електростанції також займають найменшу частину ринку. Водночас, саме найменш потужні (до 150 МВт) енергогенеруючі джерела якраз і складають найбільший потенціал децентралізованих енергетичних систем і систем самозабезпечення енергією у світі [5].

Цінова кон'юнктура ринку електроенергії України визначається, переважно, трьома факторами:

- достатністю енергогенеруючих потужностей для забезпечення попиту на електроенергію (що є значно обмеженим на сьогодні через окупацію Запорізької АЕС та пошкодження електроенергетичної інфраструктури внаслідок ворожих обстрілів, а також визначається достатністю запасів органічного палива);

- ефективністю ринкового моніторингу з боку національного регулятора в енергетиці (НКРЕКП) для запобігання ринковим змовами і маніпуляціям;

- застосуванням верхніх і нижніх цінових обмежень (прайскепів) на різних сегментах ринку, а особливо на ринку «на добу наперед» (РДН).

Третій фактор є найбільш керованим у короткостроковій перспективі. Так, підвищення на українському ринку електроенер-

гії прайскепів із 30 червня 2023 р. [7] майже одразу позначилось на середньодобовому рівні цін на РДН та наблизило паритет із цінами РДН сусідніх держав ЄС (рис. 1). У червні 2023 року рівень середньодобових цін РДН зі 0,070 євро/кВт·год після підвищення прайскепів досяг 0,100/кВт·год і має передумови до зростання.

Глибина коливань цін на РДН для українського ринку електроенергії характеризується співвідношенням цін у пікові та базові години доби. Підняття майже вдвічі верхнього прайскепу позначилось на значеннях ціни РДН у години максимального навантаження (вечірнього піку) – вона сягнула значення прайскепу, 7200 грн/МВт·год (рис. 2).

«Зелений тариф» запроваджено в Україні до кінця 2029 року у розмірі 0,163 євро (6683 грн) /кВт·год до 2025 року та 0,146 (5986 грн) євро/кВт·год з 2025 року [8]. Визнаючи систему «зеленого тарифу» застарілою для подальшої підтримки ВДЕ, Уряд України перебуває в процесі впровадження системи нетто-білінгу, пов'язаної з ціною на електроенергію на ринку РДН.

Крім того, домогосподарства-прос'юмери зобов'язані встановлювати накопичувачі для акумулювання електроенергії щонайменше на чотири години споживання. Надлишки електроенергії, що видаються в мережу, відповідають денному періоду максимальної

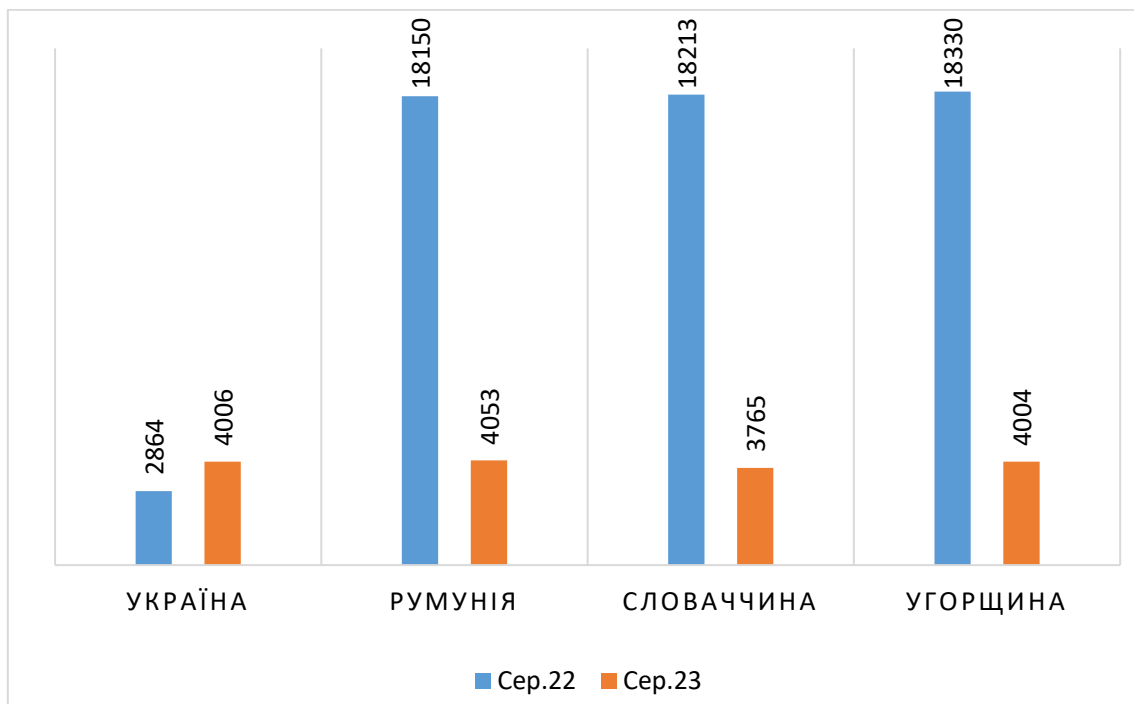


Рис. 1. Ціни на РДН України та деяких країн ЄС, грн/МВт·год

Джерело: [9]

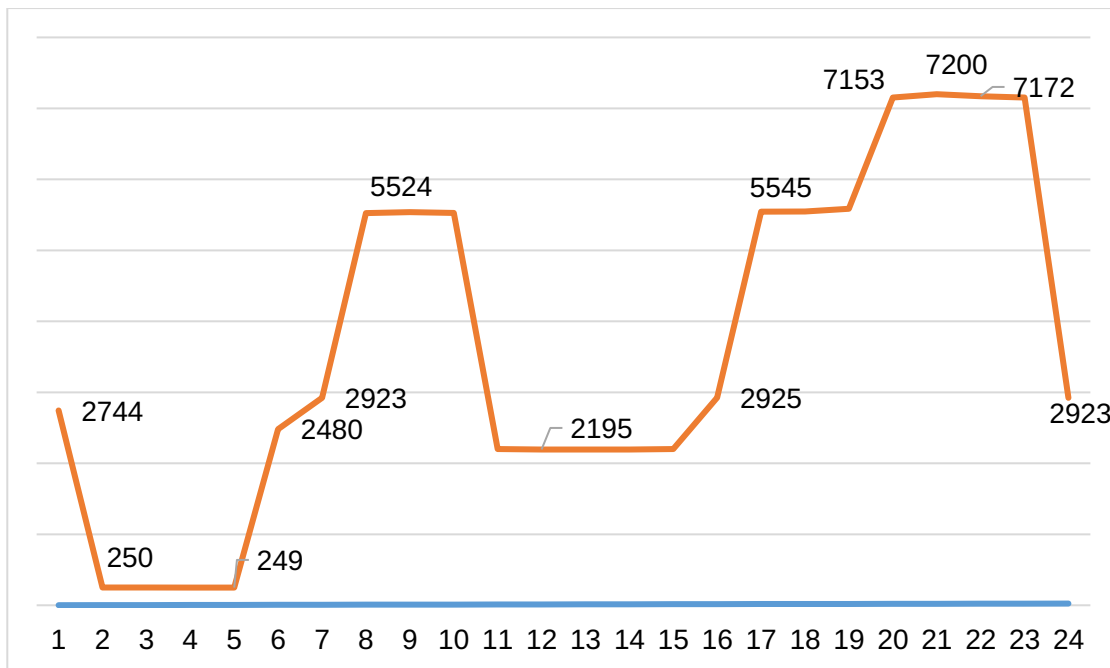


Рис. 2. Динаміка погодинних цін на РДН в Україні за добу 05.09.2023, грн/МВт·год

Джерело: [9]

інтенсивності сонячного випромінювання, а у випадку вітрових турбін – переважно нічним годинам. Використання акумуляторів дозволяє накопичувати надлишки та виводити їх за системою net-billing за максимальними цінами, що відповідають піковим значенням. Чим більша різниця між цінами РДН у пікові та непікові години доби, тим більше стимулів у споживачів використовувати свої генеруючі установки разом із накопичувачами електроенергії, навіть без відповідних законодавчо закріплених зобов'язань.

Бар'єри входу для споживачів на ринок, а саме плата агрегатору або плата за участь у РДН, якщо вони необґрунтовано високі для малих виробників (запроваджена для учасників фіксована ставка за участь у ринку на рівні 100 євро/місяць може бути значною для невеликих просьюмерів, але прийнятною для агрегатора), здатні зменшити стимули брати безпосередню участь у оптовому сегменті ринку. Отже, ставка плати за прийнятий обсяг проданої електроенергії, у разі запровадження для

малих учасників, немає створювати додаткових перешкод для їх участі у ринку.

Висновки. В умовах високих загроз енергетичній безпеці держави внаслідок військової агресії РФ тренди прос'юмеризму та малого виробництва електроенергії лише посилюються та довели свою значущість в енергобалансі держави. Водночас, з метою подолання технологічних, економічних та фінансових перешкод має бути впроваджена відповідно адаптована політика підтримки: здешевлення вартості обладнання, спрощення ліцензійних вимог, механізми фінансової підтримки. Важливою умовою становлення і розвитку гнучких децентралізованих систем енергозабезпечення є суттєве розширення можливостей участі малих виробників електроенергії у ринку електроенергії, а особливо в організованих його сегментах. Для цього необхідне становлення інституту агрегаторів малих виробників та формування сприятливої ринкової кон'юнктури для їхнього виходу на організовані сегменти ринку електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- Gough, M. et al., 2020: Gough, M.; Ashraf, P.; Santos, S. F.; Javadi, M.; Lotfi, M.; Osario, G. J.; Catalao, J.P.S. Optimization of Prosumer's Flexibility Taking Network Constraints into Account. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe); IEEE: Madrid, Spain, June 2020; pp. 1–6.
- Ruggeri, L., et al., 2021. Needs and Barriers of Prosumerism in the Energy Transition Era. Dykinson, S. L., Madrid, Spain. URL: <http://surl.li/foyp1>

3. Grzanic, Mirna & Capuder, Tomislav & Zhang, Ning & Huang, W. (2022). Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 154. 111859. 10.1016/j.rser.2021.111859.
4. Boell, 2019, In: Martynyuk, A.; Sakalyuk, D.; Mar'yuk, O.; Kholodova, N., editors. *Energy Cooperatives: Energy Independence for Communities*. Greece: Ecoclub. URL: https://www.ua.boell.org/sites/default/files/2019-11/Енергетичнікооперативи_енергонезалежність-для-громад.pdf
5. Малі учасники ВДЕ-ринку в Україні. Дослідження сегменту генерації встановленою потужністю до 1 МВт. Представництво Фонду ім. Г. Бюлля в Україні, 2020. URL: <https://ua.boell.org/sites/default/files/2020-08/МалиучасникиВДЕ-ринкувУкраїні.pdf>
6. Держенергоефективності розроблено проект Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenergoefektivnosti-rozrobleno-proekt-nacionalnogo-planu-dij-z-rozvitku-vidnovlyuvanoyi-energetiki-na-period-do-2030-roku>
7. НКРЕКП переглянула граничні ціни на електроенергію для бізнесу. Економічна Правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/06/27/701612/>
8. Оновлено "зелені" тарифи на електричну енергію. ЛіраБізнес. URL: https://biz.ligazakon.net/news/218682_onovleno-zelen-tarifi-na-elektrichnu-energiyu
9. ДП «Оператор ринку» URL: https://www.oree.com.ua/index.php/IDM_graphs

REFERENCES:

1. Gough, M. et al., 2020: Gough, M.; Ashraf, P.; Santos, S. F.; Javadi, M.; Lotfi, M.; Osario, G. J.; Catalao, J.P.S. Optimization of Prosumer's Flexibility Taking Network Constraints into Account. In *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*; IEEE: Madrid, Spain, June 2020; pp. 1–6.
2. Ruggeri, L., et al., 2021. Needs and Barriers of Prosumerism in the Energy Transition Era. Dykinson, S. L., Madrid, Spain. URL: <http://surl.li/foyp1>
3. Grzanic, Mirna & Capuder, Tomislav & Zhang, Ning & Huang, W. (2022). Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 154. 111859. 10.1016/j.rser.2021.111859.
4. Boell, 2019, In: Martynyuk, A.; Sakalyuk, D.; Mar'yuk, O.; Kholodova, N., editors. *Energy Cooperatives: Energy Independence for Communities*. Greece: Ecoclub. Available online: https://www.ua.boell.org/sites/default/files/2019-11/Енергетичнікооперативи_енергонезалежність-для-громад.pdf
5. Mali uchasyky VDE-rynku v Ukrayini. Doslidzhennya sehmentu heneratsiyi vstanovlenoyu potuzhnisty do 1 MVt [Small participants in the RES market in Ukraine. Research of the generation segment with an installed capacity of up to 1 MW]. Predstavnytstvo Fondu im. H. B'ollya v Ukrayini, 2020. URL: <https://ua.boell.org/sites/default/files/2020-08/MaliuchasnykyVDE-rynkuvUkraini.pdf>
6. Derzhenerhoefektivnosti rozrobleno proekt Natsional'noho planu diy z rozvytku vidnovlyuvanoyi enerhetyky na period do 2030 roku [The State Energy Efficiency Agency has developed a draft of the National Action Plan for the Development of Renewable Energy for the period up to 2030.] Government portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenergoefektivnosti-rozrobleno-proekt-nacionalnogo-planu-dij-z-rozvitku-vidnovlyuvanoyi-energetiki-na-period-do-2030-roku>
7. NKREKP perehlyanula hranychni tsyny na elektroenerhiyu dlya biznesu. [NCREKP revised the maximum prices for electricity for business] *Ekonomichna Pravda* URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/06/27/701612/>
8. Onovleno "zeleni" taryfy na elektrychnu enerhiyu ["Green" electricity tariffs have been updated. URL: https://biz.ligazakon.net/news/218682_onovleno-zelen-tarifi-na-elektrichnu-energiyu
9. SE «Market Operator» URL: https://www.oree.com.ua/index.php/IDM_graphs