

Павлова Олена Миколаївна,
доктор економічних наук, професор, завідувач
кафедри економіки підприємництва та
маркетингу Волинського національного
університету імені Лесі Українки

Павлов Костянтин Володимирович,
доктор економічних наук, професор, професор
кафедри економіки підприємництва та
маркетингу Волинського національного
університету імені Лесі Українки

Тимчишак Андрій Степанович,
аспірант кафедри економіки підприємництва
та маркетингу Волинського національного
університету імені Лесі Українки

Освітінський Богдан Русланович,
аспірант кафедри економіки підприємництва
та маркетингу Волинського національного
університету імені Лесі Українки

Марчук Вадим Олександрович,
Здобувач волинського національного
університету імені Лесі Українки

Pavlov Konstantin,
Doctor of Economics, Professor,
Lesya Ukrainka Volyn National University
<https://orcid.org/0000-0003-2583-9593>

Pavlova Olena,
Doctor of Economics, Professor,
Lesya Ukrainka Volyn National University,
<https://orcid.org/0000-0003-2583-9593>

Tymchyshak Andriy,
Graduate Student,
Lesya Ukrainka Volyn National University,
<https://orcid.org/0009-0007-8313-3392>

Osvitsynskyi Bohdan,
Graduate Student,
Lesya Ukrainka Volyn National University,
<https://orcid.org/0009-0002-7353-5711>

Marchuk Vadym, Ph.D. Student,
Lesya Ukrainka Volyn National University,
<https://orcid.org/0009-0007-6188-964X>

БИОМЕТАН: ПРОДУКЦІЯ, ЕКОНОМІКА, ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ДИСТРИБУЦІЙНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ

БИОМЕТАН: ВИРОБНИЦТВО, ЕКОНОМІКА ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ

Павлова О. М., Павлов К. В., Тимчишак А. С.,
Освітінський Б. Р., Марчук В. О. Біометан:
виробництво, економіка та можливості для
підключення до газорозподільних мереж
України. *Український журнал прикладної
економіки та техніки*.
2023. Том 8. № 1. С. 62 – 68.

Pavlov K., Pavlova O., Tymchyshak A., Osvitsynskyi B., Marchuk V. Biomethane: production, economy, and opportunities for connection to gas distribution networks of Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2023. Volume 8. № 1, pp. 62 – 68.

The purpose of the work is to study the peculiarities of starting the production (generation) of biomethane in Ukraine, as well as to substantiate the economical features and the possibility of connecting the biomethane generation center to gas distribution networks in the regions of Ukraine. The methods used to study the specified problem are analytical; comparative; theoretical; empirical; systemic; functional; economic and sociological possibilities of application. The production and practical use of biomethane in various production processes of farms, as well as for its consumption by the population for domestic purposes, will contribute to a significant reduction in energy costs. It will contribute to increasing the energy independence of biomethane consumers, as well as the formation and further development of new (regional) enterprises specializing in biomethane production. The results of the research consist of: a thorough study of the concept of biogas and biomethane, raw materials and production technology; technical and economic justification for the construction of a biomethane plant; comparison of the cost of production and sale of electricity and biomethane from biogas; the regulatory and legal aspect regulating the processes of registration, maintenance of the plant, as well as further trading of biomethane; ways and conditions for connecting biomethane producers to gas distribution networks in the regions of Ukraine. All the research results listed above will contribute to the start of biomethane production in the regions of Ukraine. Summarizing the outlined features of connecting biomethane producers to gas distribution networks, the following aspects are worth noting: 1. Operators of gas distribution networks will not buy biomethane directly from producers. After all, the biomethane producer must find a supplier in Ukraine or abroad, or the producer can sell biomethane directly to an industrial consumer. In this case, a supplier's license, or the producer's consumption of biomethane is required. 2. The high level of natural gas prices is increasingly forcing large consumers to look for alternatives to natural gas. Therefore, for agricultural producers, this production cycle is closed. The high level of natural gas prices allows biomethane projects to have a high level of profitability. The process of decarbonization requires abandoning fossil fuels and replacing them with clean, new types of energy, including biomethane. 3. Biomethane compared to electricity. Today, the level of

© Павлова Олена Миколаївна, Павлов Костянтин Володимирович, Тимчишак Андрій Степанович,
Освітінський Богдан Русланович, Марчук Вадим Олександрович, 2023

payment for electricity from the state under the "green" tariff is 30-40% of the total level of payment. The state limits payments and reduces opportunities to receive a "green" tariff, valid until 2029, and every year the rates are lower for new facilities.

Keywords: Biomethane, biogas, hydrogen, biomass, gas distribution networks, connection to gas distribution networks.

Мета роботи полягає у дослідженні особливостей започаткування виробництва (генерації) біометану в Україні, а також обґрунтуванні економічних особливостей та можливості підключення центрів з генерації біометану до газорозподільних мереж в регіонах України. Методи, що було застосовано для дослідження зазначеної проблематики: аналітичний; порівняльний; теоретичний; емпіричний; системний; функціональний; економічно-соціологічний. Виробництво та практичне застосування біометану у виробничих різного роду процесах господарств, а також для споживання його з боку населення в побутових цілях, сприятиме відчутному зниженню рівня затрат на енергоносії. В тому числі сприятиме підвищенню рівня енергетичної незалежності споживачів біометану, а також утворенню та подальшому розвитку нових підприємств (регіональних), що спеціалізуються на виробництві біометану. Результати дослідження полягають у: ґрунтовному дослідженні поняття біогазу та біометану, сировини та технології виробництва; техніко-економічному обґрунтуванні для будівництва біометанового заводу; порівнянні вартості виробництва і реалізації електроенергії та біометану із біогазу; нормативно-правовий аспект, що регламентує процеси з реєстрації, обслуговування заводу, а також подальшої торгівлі біометаном; шляхи та умови для підключення виробників біометану до газорозподільних мереж в регіонах України. Усі перелічені вище результати дослідження значною мірою сприятимуть започаткуванню виробництва біометану в регіонах України. Узагальнюючі окреслені особливості підключення виробників біометану до газорозподільних мереж, варто зазначити наступні аспекти: 1. Оператори газорозподільних мереж не купуватимуть біометан безпосередньо у виробників. Адже виробник біометану повинен знайти будь-якого постачальника для продажу в Україні, за кордон, або виробник може продавати біометан промислового споживачу напряму. В такому випадку необхідна ліцензія постачальника, або ж особисте споживання виробником біометану. 2. Високий рівень цін на природний газ все більше змушують великих споживачів шукати варіанти заміщення природного газу. В свою чергу, для агровиробників цей цикл виробництва є замкнутим. Високий рівень цін на природний газ дозволяє біометановим проектам мати високий рівень рентабельності. Процес декарбонізації вимагає відмови від викопного палива та заміни його чистими, новими видами енергії, зокрема й біометаном. 3. Біометан в порівнянні з електроенергією. На сьогодні рівень оплати за електроенергію з боку держави за «зеленим» тарифом складає 30-40% від загального рівня оплати. Держава обмежує виплати і скорочує можливості для отримання «зеленого» тарифу, який діє до 2029 року, і кожного року ставки все нижче для нових об'єктів.

Ключові слова: біометан, біогаз, водень, біомаса, газорозподільні мережі, підключення до газорозподільних мереж.

Introduction

The production and practical use of biomethane in various production processes of farms, as well as for its consumption by the population for domestic purposes, will contribute to a significant reduction in energy costs. It will contribute to increasing the energy independence of biomethane consumers, as well as the formation and further development of new (regional) enterprises specializing in biomethane production.

The analysis of modern foreign and domestic research and publications shows the great interest of researchers, students, and practitioners in the production, generation, and distribution of biomethane, including S. Galyant [1, 2, 14], M. Korotya [15, 17], V. Lagodienko [4], O. Novosad [1, 6, 16], V. Kupchak [3, 4, 5, 19], K. Pavlov [2, 3, 6, 7, 13], O. Pavlova [2, 3, 6, 7, 18], V. Romaniuk [8, 9, 11, 20]. However, as already mentioned, there needs to be more attention to the technological processes of biomethane generation and the possibilities and modeling of processes.

Determination of the purpose and goals of the research

The purpose of the work is to study the peculiarities of starting the production (generation) of biomethane in Ukraine, as well as to substantiate the economical features and the possibility of connecting the biomethane generation center to gas distribution networks in the regions of Ukraine.

Presentation of the main research material

Concept of biogas and biomethane, raw materials, and production technologies.

Biogas and biomethane: concepts and differences. It is known that biogas is obtained by anaerobic fermentation of biomass, without access to oxygen and with the participation of microorganisms.

Biomethane has purified biogas to biomethane quality. The purification process occurs through membrane separation, physical, water, and chemical absorption, or cryogenic purification (Table 1).

It should be mentioned that following the Code of Gas Distribution Networks, the term "natural gas" covers biogas, or other types of alternative sources, which meet the natural gas standards according to their physical and chemical properties.

The primary sources of raw materials to produce biomethane.

The primary sources of raw materials to produce biomethane include (Fig. 1):

- food industry waste, including molasses, pulp, whey;

Table 1. Physico-chemical parameters of biogas and biomethane, [10]

| PCP | Biogas | Biomethane |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| Methane (CH ₄) | 50-70% | 95-99% |
| Carbon dioxide (CO ₂) | 25-50% | 0,1-4% |
| Oxygen (O ₂) | Up to 2% | Up to 1% |
| Feature | It is used to produce electricity and thermal energy | Can be pumped into gas networks |

- manure, droppings;
- solid household waste;
- livestock waste;
- corn silage;
- nutritious remains, including straw, husks, and leaves;
- sewage.

Corn silage in the countries of the European Union is not considered waste from which it is possible to produce biomethane. In other words, the production of biomethane from this material can only be carried out with clear restrictions in the percentage ratio for sale under "green" certificates.

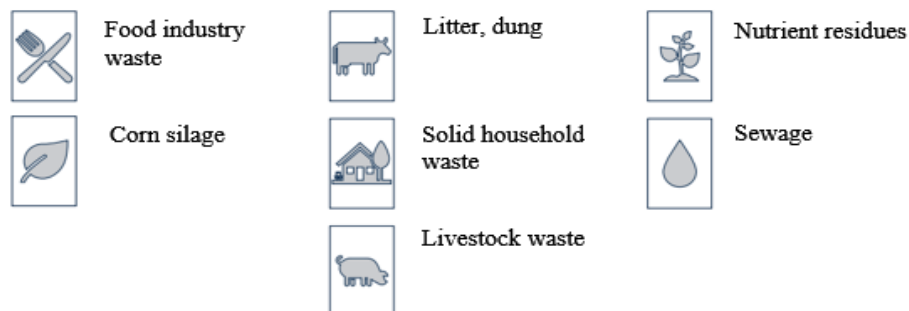


Fig. 1. Main raw material sources for biomethane production, [10]

Biogas and biomethane production technology.

We offer an overview of the most practical production cycles from two groups of raw materials:

1st group. Wood (forest industry waste). Forest and agricultural waste, wood biomass, and

solid renewable fuel can be used as raw materials. The technological production process occurs in pyrogasification (pyrolysis combined with gasification in the absence of oxygen). As a result, synthesis gas is formed (can be used to produce thermal energy), from which, because of the application of various technological solutions, hydrogen is separated, and, because of purification (methanization), biomethane (can serve as fuel for vehicles, and can also be pumped into gas networks) (Fig. 2).

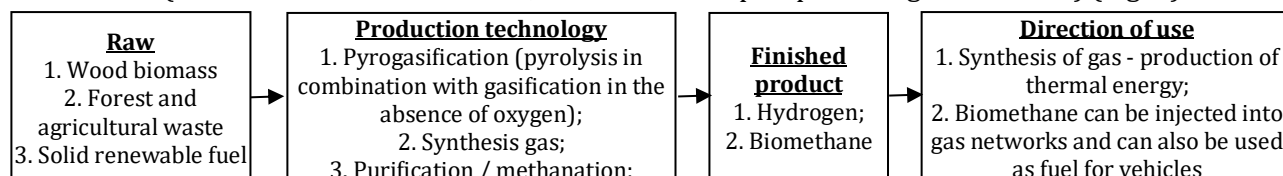


Fig. 2. Technological process of hydrogen and biomethane production, [10]

2nd group. Silage, manure, etc. (waste from the agricultural industry). Manure, agricultural, and food industry waste can be used as raw materials. The technological process of production takes the form of methanization (anaerobic). As a result, digestate and biogas are formed (can be used for heat energy production), and because of cleaning, biogas turns into biomethane (can serve as fuel for vehicles and can also be pumped into gas networks) (Fig. 3).

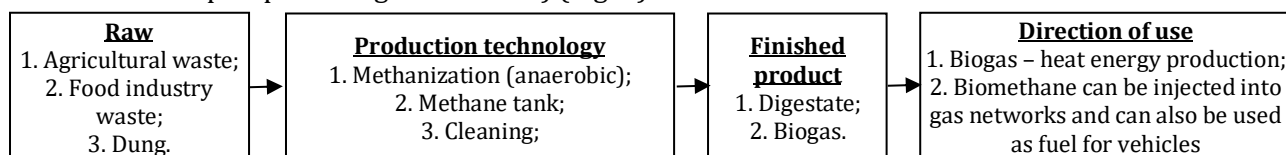


Fig. 3. Technological process of biogas and biomethane production [10]

Anaerobic biogas production and biomethane purification is the most common production technology. Biogas and biomethane production are carried out at the facilities of the biogas plant. As a rule, livestock manure, various crops, agricultural waste, and the organic fraction of solid household waste are used as raw materials. As a result of the processing of raw materials, therefore, digestate is formed as a high-quality fertilizer. Biogas is the main product that can be produced from specified raw materials. It is effective for generating thermal and electrical energy.

In the case of further purification of biogas, it is possible to obtain biomethane, an effective energy carrier for use in gas networks and vehicles.

Today, a noticeable increase in the popularity of biogas plants in Ukraine, from 21 units in 2017 to 60 units in 2021 (Fig. 4).

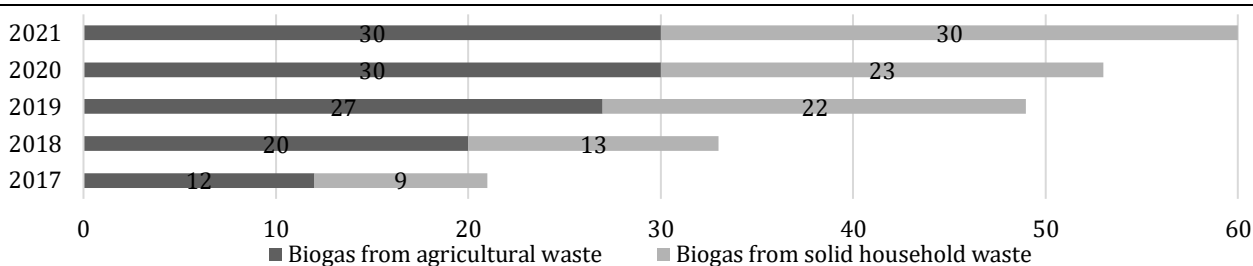


Fig. 4. Dynamics of the popularity of biogas plants in Ukraine for 2017-2021 [10]

The margin of production and sale of 1000 cubic meters of biomethane is at a reasonably high level. Our calculations showed that the selling price of biomethane is from \$ 500 US per 1000 cubic meters and is profitable at a relatively low cost. The average cost of biomethane production is about 200-500 dollars US per 1000 cubic meters.

Financing of biomethane production projects is currently carried out at the level of strategic investors, investment funds, and banks. The first category includes: European Bank for Reconstruction and Development; International Finance Corporation; Nordic Environment Finance Corporation. The second category includes: Dragon Capital; Horizon Capital; ICU; UFUTURE. The third category includes: Ukgasbank (financing of investment in eco-projects); Raiffeisen BANK (lending to farmers); KfW (German State Bank. Financing of energy efficiency programs).

The cost of the resource itself is also essential for biomethane production. Generalized indicators of the resource cost are shown in Fig. 5.

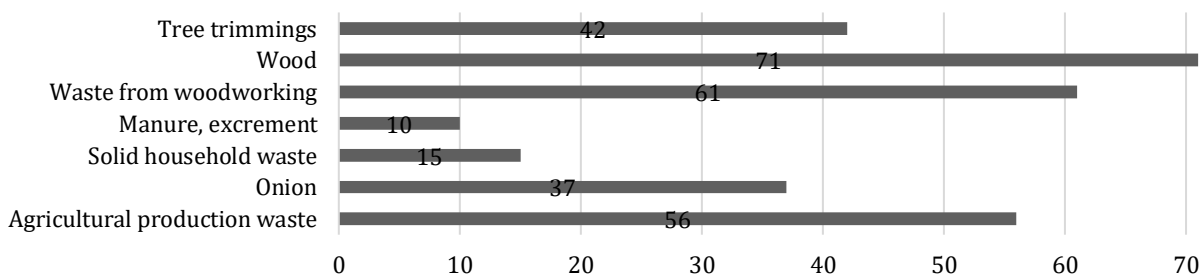


Fig. 5. Market value of raw materials for biomethane production, 01.01.2022 [10]

The results of the study showed that the market value of raw materials used for biomethane production is 5-40% of the production cost.

Thus, summarizing the results of the study, the following conclusions were formed:

1. The constant availability of raw materials within a radius of up to 50 kilometers (as a waste product) from the processing site is a key condition for the plant's economy.
2. Corn silage is not considered as a waste in the European Union, and biomethane production can be limited in percentage relative to the content, at least, for further sale abroad.
3. 200-500 euros per 1000 cubic meters of biomethane is the average cost of production in Ukraine (subject to the purchase of raw materials on the market).
4. 150-400 euros per 1000 cubic meters of biomethane is the cost of using own raw materials as a waste product.
5. Selling price from 600 euros per 1000 cubic meters of biomethane. This offer is beneficial for producers.
6. Biomethane production is 22-3 times more profitable than electricity.
7. 1 MW of electricity is equal to 2.8 MW of gas.

Terms of connection of methane producers to the gas distribution networks of Ukraine. Thus, following the content of Article 19 of the Law of Ukraine "On the Natural Gas Market", biogas producers or other types of gas from alternative sources have the right to gain access to gas transmission and gas distribution systems, gas storage facilities, LNG plants and to connect to gas transmission and gas distribution systems, subject to compliance with technical and safety requirements following the law and provided that biogas or other types of gas from alternative sources by their physical and technical characteristics comply with the regulatory legal acts on the natural gas market.

Therefore, following the content of paragraph 2 of paragraph 5 of Section 3 of the Code of Gas Distribution Networks of Ukraine, the relationship of the Gas Distribution Network Operator with gas producers and producers of biogas or other types of gas from alternative sources, whose facilities are

connected to gas distribution networks, as well as with adjacent gas distribution network operators, are regulated by a technical agreement on the terms of acceptance and transmission of natural gas by gas distribution networks, which is concluded with them following the requirements of Chapter 2 of Section 4 of this Code.

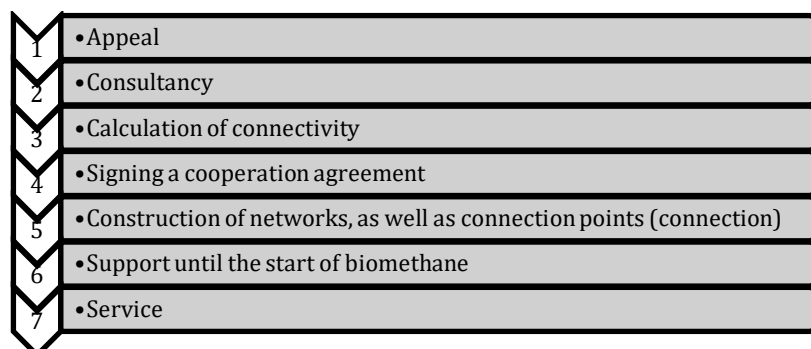


Fig. 6. Standardized process of the sequence of interaction between biomethane producers and regional gas distribution network operators [10]

Facilities (installations) of gas production enterprises and producers of biogas or other types of gas from alternative sources, which intend to join in order to transfer the gas produced by them to gas distribution networks, should be connected taking into account that the gas produced by them at the point of its transfer to gas distribution networks will meet the standards for natural gas within the code of gas distribution networks by its physical and

technical characteristics. Moreover, the place of gas transmission should be equipped with specialized appliances that continuously monitor the dynamics of physical and chemical parameters of gas and avoid production losses.

After agreeing on the procedure for the external gas supply project and its cost component within the framework of the current legislation, the gas distribution network operator sends to the customer an additional agreement on the connection contract within ten working days, specifying the term of service provision. The cost of the point of connection is established following the methodology for setting fees for the services of gas transmission and distribution systems approved by the regulator. Thus, based on the peculiarities of the formation of the biomethane market in Ukraine, as well as the possibility of connecting biomethane producers to gas distribution networks, we proposed a standardized and precise algorithm of mutual actions with customers (biomethane producers), as well as potential investors (Fig. 6); the procedure and sequence of actions for connecting biomethane producers to regional gas distribution networks (Fig. 7).

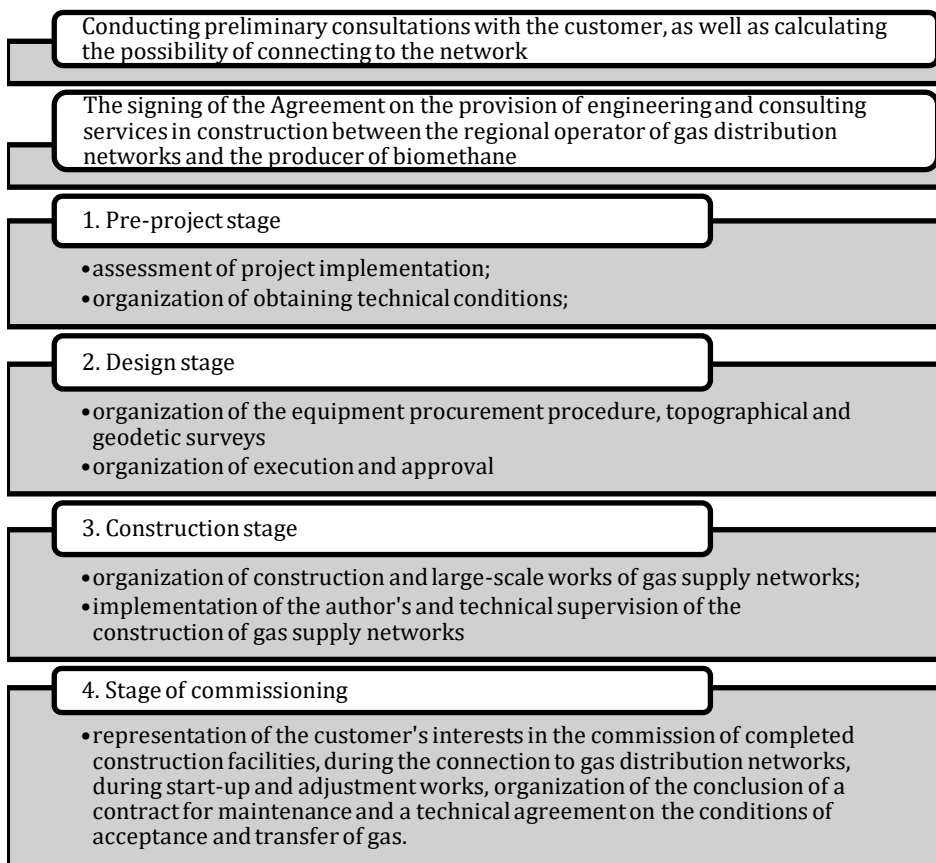


Fig. 7. Procedure and sequence of actions to connect biomethane producers to regional gas distribution networks [10]

Conclusions and prospects for further investigations

Summarizing the outlined features of connecting biomethane producers to gas distribution networks, the following aspects should be noted:

1. Gas distribution network operators will not buy biomethane directly from producers. After all, a biomethane producer must find a supplier in Ukraine or abroad, or the producer can sell biomethane directly to an industrial consumer. In this case, a supplier's license or personal consumption by the biomethane producer is required.

2. What exactly is the biomethane itself? High natural gas prices are increasingly forcing large consumers to look for options to replace natural gas. For agricultural producers, this production cycle is closed. The high level of natural gas prices allows biomethane projects to have a high level of profitability. The process of decarbonization requires abandoning fossil fuels and replacing them with clean, new types of energy, including biomethane.

3. Biomethane compared to electricity. Today, the level of payment for electricity from the state at the "green" tariff is 30-40% of the total level of payment. The state limits payments and reduces the opportunities for obtaining a "green" tariff, which is valid until 2029, and every year the rates are getting lower for new facilities.

Literature

1. Павлова О.М., Павлов К.В., Галянт С.Р., Новосад О.В. Інвестиційно-інноваційна спрямованість газорозподільних підприємств регіону. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки». 2020. № 1. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-1-5424>.*
2. Павлова О.М., Павлов К.В., Галянт С.Р. Інституціональне середовище функціонування газорозподільних підприємств: моніторинг та стимулювання: монографія. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2021. 232 с.
3. Купчак В.Р., Павлова К.В., Павлова О.М. Пріоритетні напрями державного регулювання конкуренції: вітчизняний та зарубіжний досвід. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2019. №1 (17). С. 14-20.*
4. Купчак В.Р., Павлова О.М., Павлов К.В., Лагодієнко В.В. Формування та регулювання регіональних енергетичних систем: теорія, методологія та практика: монографія. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2019. 347 с.
5. Павлова О.М., Павлов К.В., Купчак В.Р., Червоняк В. Функціонування мережі підземних газових сховищ в контексті енергетичної безпеки країни. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2019. №3 (19). С. 105-112.*
6. Новосад О.В., Павлова О.М., Павлов К.В. Інноваційна політика підвищення конкурентоспроможності регіональних газорозподільних підприємств: монографія. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2021. 295 с.
7. Писанко С.В., Павлова О.М., Павлов К.В. Роль та значення інвестиційно-інноваційних процесів в електроенергетичній галузі регіону. *Український журнал прикладної економіки. 2020. Том 5. № 3. С. 320-328.*
8. Писанко С.В., Романюк Р.В., Павлова О.М., Павлов К.В. Електроенергетичний ринок регіонів України в контексті модернізаційних змін. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки». 2020. № 12. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-12-6795>.*
9. Писанко С.В., Романюк Р.В., Павлов К.В., Павлова О.М. Стратегія та ризики при реформуванні ринку електроенергетики в регіонах України. *Економічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки. 2021. №1 (25). С. 16-27.*
10. РГК. Офіційний сайт. URL: <https://rgc.ua/app.php/ua/cleanenergy#biomethane-project>.
11. Павлов К.В., Павлова О.М., Романюк Р.В. Організаційно-економічний механізм реформування електроенергетичного ринку в регіонах України: монографія. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2022. 221 с.
12. Сітуха О., Павлова О., Павлов К. Перспективи використання водню як енергетичного ресурсу. *Галицький економічний вісник. 2021. № 5 (72). С. 23-29.*
13. Стрішенець О.М., Павлов К.В. Особливості конкурентних відносин на регіональних ринках нерухомості. *Науковий вісник ужгородського університету. Серія «Економіка». 2016. Випуск 1 (47). Том 2. С. 35-38.*
14. Павлова О.М., Павлов К.В., Якимчук А.Ю., Сорокопуд І.В., Галянт С.Р. Енергетичний ринок західного регіону України. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки». 2020. №7. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-7-6202>.*
15. Януль С. Павлов К., Коротя М., Галянт С. Характеристика газотранспортної системи України. *Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2019. № 1 (17). С. 31-38.*
16. Pavlova O., Pavlov K., Horal L., Novosad O., Korol S., Perevozova I., Obelnytska Kh., Daliak N., Protsyshyn O., Popadynets N. Integral estimation of the competitiveness level of the western Ukrainian gas distribution companies. *Accounting. 2021. Vol. 7 (5). P. 1073-1084.*
17. Pavlov K., Pavlova O., Korotia M. Determination and Management of Gas Distribution Companies' Competitive Positions. In: Mrugalska B., Trzcielinski S., Karwowski W., Di Nicolantonio M., Rossi E. (eds). *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. AHFE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1216. Springer, Cham.*
18. Pavlov K., Pavlova O. Optimization of multi-channel queuing systems with a single retail attempt: Economic approach. *Decision Science Letters. Decision Science Letters 9 (2020). URL: http://www.growing-science.com/dsl/Vol9/dsl_2020_22.pdf.*

19. Pavlov, K., Pavlova, O., Kupchak, V. Integral Indicators Based on Competitiveness Capacity Characteristics of Regional Real Estate Markets of Ukraine. *Journal of Competitiveness*. 2019. Vol. 11 (3). P. 87-108. URL: <https://doi.org/10.7441/joc.2019.03.06>.
20. Pavlov K., Pavlova O., Romaniuk R., Pysanko S. Prospects of implementation of a new model of functioning of the electric power industry south-east region of Ukraine. *Znanstvena misel journal*. 2021. Vol. 1. № 50. P. 21-27.

References

1. Pavlova, O.M., Pavlov, K.V., Haliant, S.R., Novosad, O.V. (2020). «Investment and innovation orientation of gas distribution enterprises of the region». *Mizhnarodnyj naukovyj zhurnal «Internauka». Seriya: «Ekonomichni nauky»*. no. 1. Available at: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-1-5424>.
2. Pavlova, O.M., Pavlov, K.V., Haliant, S.R. (2021). *Instytutsional'ne seredovysche funktsionuvannia hazorozpodil'nykh pidpriemstv: monitorynh ta stymuliuвання*. [Institutional environment of functioning of gas distribution enterprises: monitoring and stimulation]. SPD Hadiak Zhanna Volodymyrivna, drukarnia «Volyn'polihraf». Lutsk. Ukraine.
3. Kupchak, V.R. Pavlov, K.V., Pavlova, O.M. (2019). «Priority areas of state regulation of competition: domestic and foreign experience». *Ekonomichnyj chasopys Skhidnoievropejs'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. no. 1 (17), pp. 14-20.
4. Kupchak, V.R., Pavlova, O.M., Pavlov, K.V., Lahodiienko, V.V. *Formuvannia ta rehuliuвання rehional'nykh enerhetychnykh system: teoriia, metodolohiia ta praktyka*. [Formation and regulation of regional energy systems: theory, methodology and practice]. SPD Hadiak Zhanna Volodymyrivna, drukarnia «Volyn'polihraf». Lutsk. Ukraine.
5. Pavlova, O.M., Pavlov, K.V., Kupchak, V.R., Chervoniak, V. (2019). «Functioning of the underground gas storage network in the context of energy security of the country». *Ekonomichnyj chasopys Skhidnoievropejs'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. no. 3 (19), pp. 105-112.
6. Novosad, O.V., Pavlova, O.M., Pavlov, K.V. (2021). *Innovatsijna polityka pidvyschennia konkurentospromozhnosti rehional'nykh hazorozpodil'nykh pidpriemstv*. [Innovative policy of increasing the competitiveness of regional gas distribution enterprises]. SPD Hadiak Zhanna Volodymyrivna, drukarnia «Volyn'polihraf». Lutsk. Ukraine.
7. Pysanko, S.V., Pavlova, O.M., Pavlov, K.V. (2020). «The role and significance of investment and innovation processes in the electric power industry of the region». *Ukrains'kyj zhurnal prykladnoi ekonomiky*. vol. 5, no. 3, pp. 320-328.
8. Pysanko, S.V., Romaniuk, R.V., Pavlova, O.M., Pavlov, K.V. (2020). «The electric energy market of the regions of Ukraine in the context of modernization changes». *Mizhnarodnyj naukovyj zhurnal «Internauka». Seriya: «Ekonomichni nauky»*. no. 12. Available at: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-12-6795>.
9. Pysanko, S.V., Romaniuk, R.V., Pavlov, K.V., Pavlova, O.M. (2021). «Strategy and risks in reforming the electricity market in the regions of Ukraine». *Ekonomichnyj chasopys Volyn'skoho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. no. 1 (25), pp. 16-27.
10. RGC. Official site. Available at: <https://rgc.ua/app.php/ua/cleanenergy#biomethane-project>.
11. Pavlov, K.V., Pavlova, O.M., Romaniuk, R.V. (2022). *Orhanizatsijno-ekonomichnyj mekhanizm reformuvannia elektroenerhetychnoho rynku v rehionakh Ukraini*. [Organizational and economic mechanism of reforming the electricity market in the regions of Ukraine]. SPD Hadiak Zhanna Volodymyrivna, drukarnia «Volyn'polihraf». Lutsk. Ukraine.
12. Situkha, O., Pavlova, O., Pavlov, K. (2021). «Prospects for the use of hydrogen as an energy resource». *Halyts'kyj ekonomichnyj visnyk*. no. 5 (72), pp. 23-29.
13. Strishenets', O.M., Pavlov, K.V. (2016). «Peculiarities of competitive relations in regional real estate markets». *Naukovyj visnyk uzhorods'koho universytetu. Seriya «Ekonomika»*. vol. 1 (47), issue 2, pp. 35-38.
14. Pavlova, O.M., Pavlov, K.V., Yakymchuk, A.Yu., Sorokopud, I.V., Haliant, S.R. (2020). «The energy market of the western region of Ukraine». *Mizhnarodnyj naukovyj zhurnal «Internauka». Seriya: «Ekonomichni nauky»*. no. 7. Available at: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-7-6202>.
15. Yanul', S., Pavlov, K., Korotia, M., Haliant, S. (2019). «Characteristics of the gas transportation system of Ukraine». *Ekonomichnyj chasopys Skhidnoievropejs'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. no. 1 (17), pp. 31-38.
16. Pavlova, O., Pavlov, K., Horal, L., Novosad, O., Korol, S., Perevozova, I., Obelnytska, Kh., Daliak, N., Protsyshyn, O., Popadynets, N. (2021). «Integral estimation of the competitiveness level of the western Ukrainian gas distribution companies». *Accounting*. vol. 7(5), pp. 1073-1084.
17. Pavlov, K., Pavlova, O., Korotia, M. (2020). Determination and Management of Gas Distribution Companies' Competitive Positions. In: Mrugalska, B., Trzcielinski, S., Karwowski, W., Di Nicolantonio, M., Rossi, E. (eds). *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. AHFE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1216. Springer, Cham.
18. Pavlov, K., Pavlova, O. (2020). Optimization of multi-channel queuing systems with a single retail attempt: Economic approach. *Decision Science Letters*. *Decision Science Letters* 9. Available at: http://www.growing-science.com/dsl/Vol9/dsl_2020_22.pdf.
19. Pavlov, K., Pavlova, O., Kupchak, V. (2019). «Integral Indicators Based on Competitiveness Capacity Characteristics of Regional Real Estate Markets of Ukraine». *Journal of Competitiveness*. vol. 11 (3), pp. 87-108. Available at: <https://doi.org/10.7441/joc.2019.03.06>.
20. Pavlov, K., Pavlova, O., Romaniuk, R., Pysanko, S. (2021). «Prospects of implementation of a new model of functioning of the electric power industry south-east region of Ukraine». *Znanstvena misel journal*. vol. 1, № 50/2021, pp. 21-27.

Стаття надійшла до редакції 03.02.2023 р.