

УДК 338.45:622.32

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/191-43>**Андрийчук І.В.**кандидат економічних наук, доцент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1067-2148>**Ткачук В.В.**студент,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8182-249X>**Andriichuk Igor, Tkachuk Vitalii**

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО ГАЗУ

У статті розглядаються теоретико-прикладні засади економічної оцінки якісних характеристик природного газу, що мають вагомий вплив на ефективність його використання та вартість для споживачів. Авторами проаналізовано існуючі класичні та сучасні економічні методи оцінювання якості газу. Визначено ключові фактори, що впливають на економічну оцінку його якісних характеристик: рівень конкуренції на ринку, державне регулювання, вид використання газу, технологічний рівень обладнання. Сформовано основні засади економічної оцінки якості природного газу: визначення якісних показників та їх взаємозв'язку; дослідження впливу якісних характеристик на ефективність використання в різних галузях; розробка методів економічної оцінки з урахуванням витрат на видобуток, транспортування та переробку; моделювання сценаріїв ціноутворення; аналіз державного регулювання та ринкових механізмів.

Ключові слова: теоретико-прикладні засади, економічна оцінка, якісні показники природного газу, методи економічного оцінювання, фактори економічної оцінки якісних характеристик природного газу.

THEORETICAL AND APPLIED FOUNDATIONS FOR THE ECONOMIC EVALUATION OF NATURAL GAS QUALITY CHARACTERISTICS

The article examines the theoretical and applied foundations for the economic evaluation of natural gas quality characteristics, significantly impacting its efficient utilization and cost for consumers. The relevance stems from natural gas's importance as an energy source. The authors analyze classical (comparative price method, cost analysis) and modern (risk analysis, economic-mathematical modeling) methods for assessing gas quality. Key influencing factors are identified: competition level, government regulation, gas usage type, and technological equipment level. The principles outlined include determining quality indicators and their interrelationships; the impact of characteristics on efficiency across industries; evaluation methods considering extraction, transportation, and processing costs; pricing scenario modeling; and analysis of regulation and market mechanisms. The necessity of an integrated approach for decision-making regarding efficient use of varying gas qualities is substantiated. Emphasis is placed on analyzing quality indicators (calorific value, density, Wobbe index, component content) and their interrelationships based on real data. Investigating the impact of characteristics on the efficiency of use in industry, energy, and the municipal sector is crucial. Calculating the economic efficiency of using varying quality gas in these sectors, considering preparation, transportation, and processing costs, is essential. The development of methodological approaches for the economic evaluation of quality indicators, considering extraction, transportation, and processing costs, is underscored. Modeling pricing scenarios for varying quality gas and assessing the impact on consumer costs is vital. Building economic-mathematical models for demand/supply forecasting and simulating market operation with different pricing schemes is recommended. The analysis of the impact of changing quality parameters on consumer costs due to changes in extraction, transportation, and gas preparation is emphasized. The analysis of regulation and market pricing mechanisms for varying quality gas is highlighted. Developing recommendations for authorities, companies, and enterprises to optimize the use of varying quality gas for maximum efficiency and cost reduction is important. A comprehensive approach combining theoretical developments and applied research will form the foundation for management decisions on the efficient use of varying gas qualities.

Keywords: theoretical and applied foundations, economic evaluation, quality indicators of natural gas, methods of economic evaluation, factors of economic evaluation of natural gas quality characteristics.

JEL classification: C61, C63, Q41, D61, L95

Постановка проблеми. Природний газ є одним із найважливіших енергоресурсів, який широко використовується в промисловості, енергетиці та комунальному господарстві. Його якісні характеристики, такі як теплота згоряння, густина, число Воббе [1] та склад, мають значний вплив на ефективність використання та вартість для кінцевих споживачів [2]. Так як природний газ відіграє важливу роль у сучасному світі, як джерело чистої енергії для промисловості, побуту

та транспорту, то його характеристики, такі як склад, температура конденсації, тиск на нафтогазоперекачувальних станціях та інші, складають суттєве значення для його ефективного використання та економічної цінності.

Тому економічна оцінка якісних показників природного газу є актуальною науково-практичною проблемою, яка потребує теоретичного обґрунтування та практичного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні та закордонні вчені досліджують проблему техніко-економічної оцінки якості природного газу, зокрема такі науковці та практики як: Кириленко О.М., Семчук Г.І., Бойко Ю.М., Середюк О.Є., Ставицький В.В., Касьяненко Л.М., Григоров О.Б., Волчин І.А., Р. Гордон, Д. Патон, М.О. Феррі, А. Гольдхан, Ж.-М. Курті – здійснили значний вклад для розкриття даного питання, але ряд економічних аспектів потребує більше детального розгляду.

Мета статті полягає у формуванні теоретико-прикладних засад економічної оцінки якісних характеристик природного газу, які дають змогу реалізувати обґрунтовані рішення щодо його транспортування, зберігання та використання.

Вклад основних результатів дослідження. Дослідники виокремлюють основні методи економічного оцінювання якісних характеристик природного газу, які дозволяють визначити його комерційну цінність та економічну доцільність використання в різних галузях промисловості і енергетики [3]. Ці методи ґрунтуються на аналізі впливу якісних параметрів газу (теплота згоряння, вміст інертних газів, сірководню тощо) на ефективність технологічних процесів, експлуатаційні витрати та ризики, пов'язані з його використанням.

Традиційно методи економічної оцінки якості газу поділяють на класичні та сучасні [4]. До класичних методів належать метод порівняльних цін на газ з різними характеристиками якості та метод витратного аналізу додаткових витрат на підготовку та очищення газу.

Зокрема, метод порівняльних цін, який ґрунтується на співставленні цін на газ з різними якісними характеристиками на конкурентних ринках використано у праці [5]. Він є простим, але не завжди точним, адже на ціну газу можуть впливати й інші фактори, крім його якості. Метод витратного аналізу [6], що базується на оцінці додаткових витрат, пов'язаних з використанням газу з нижчими якісними характеристиками. Він дає більш точну оцінку, але потребує значної кількості інформації про витрати.

Сучасні методи передбачають використання більш складних математичних моделей та аналітичних інструментів. Зокрема, метод аналізу ризиків [7] дозволяє оцінити ймовірні втрати від використання газу нижчої якості через зниження продуктивності обладнання, перевитрати палива тощо. Він дає можливість врахувати не лише прямі, але й непрямі витрати. Метод економіко-математичного моделювання базується на комплексних розрахунках впливу якісних показників газу на його кінцеву економічну цінність для споживачів різних галузей [8, 9]. Використані економіко-математичні моделі дають змогу оцінити вплив якісних характеристик газу на його економічну цінність. Даний метод дає найбільш точну оцінку, але потребує знання математичних методів та наявності відповідних даних.

Вибір конкретного методу залежить від специфіки виробництва, доступності вихідних даних, необхідної точності оцінки. Найбільш поширеними є комбіновані підходи, що поєднують елементи різних методів для отримання максимально достовірних результатів. Обґрунтована економічна оцінка якості природного газу дозволяє оптимізувати витрати на його видобуток,

транспортування та підготовку, а також ефективно розподіляти ресурси між споживачами.

Також на економічну оцінку якісних характеристик природного газу впливає ряд факторів:

- рівень конкуренції на ринку, адже на конкурентних ринках ціна на газ з нижчими якісними характеристиками буде нижчою, ніж ціна на газ з вищими якісними характеристиками;

- державне регулювання, через те що держава може регулювати ціни на газ з різними якісними характеристиками, що може впливати на їх економічну цінність;

- вид використання газу, бо різні види використання газу, такі як виробництво електроенергії, опалення або хімічна переробка, мають різні вимоги до його якості;

- технологічний рівень обладнання, тому що сучасне обладнання може бути більш стійким до низьких якісних характеристик газу, що може зменшити вплив цих характеристик на його економічну цінність.

Одним із основних аспектів економічної оцінки якості природного газу також є врахування його фізико-хімічних властивостей. Для цього використовуються спеціальні прилади та методи, які дозволяють визначити склад газу, його потужність як джерела енергії, а також його здатність до транспортування через газопроводи. Крім того, важливо врахувати екологічні аспекти, такі як вміст забруднюючих речовин у газі, що може вплинути на його використання та створювати додаткові витрати на очищення. А це, в свою чергу, ставить ряд викликів, щодо формування задач для ґрунтового дослідження природного газу як енергоносія, а саме:

- визначення основних якісних показників природного газу (теплота згоряння, вологість, густина, число Воббе, вміст метану, вуглекислого газу, азоту та інших компонентів) та аналіз їх взаємозв'язку;

- дослідження впливу якісних характеристик на ефективність використання природного газу в різних галузях промисловості (металургія, хімічна, нафтопереробна тощо), енергетиці (теплові електростанції, котельні) та комунальному секторі.

Після збору та аналізу даних про якісні характеристики газу, проводиться економічна оцінка його використання. Це включає в себе розрахунок витрат на транспортування газу, вартість його очищення від забруднюючих речовин, а також можливі доходи від його продажу. На основі цих даних розробляються стратегії оптимізації використання природного газу, спрямовані на максимізацію економічної вигоди.

Теоретико-прикладні засади економічної оцінки якісних характеристик природного газу ґрунтуються на принципах енергетичної економіки, теорії вартості та ціноутворення. Зокрема, ключовими теоретико-практичними засадами економічної оцінки якісних характеристик природного газу є:

- Визначення основних якісних показників природного газу (теплота згоряння, густина, число Воббе, вміст метану, вуглекислого газу, азоту та інших компонентів) та аналіз їх взаємозв'язку [10; 11]. Завдяки аналізу реальних даних про якісні показники природного газу, який видобувається та транспортується в різних регіонах та країнах світу [12; 13].

- Дослідження впливу якісних характеристик на ефективність використання природного газу в різних

галузях промисловості (металургія, хімічна, нафтопереробна тощо), енергетиці (теплові електростанції, котельні) та комунальному секторі [14; 15]. Розрахунок економічної ефективності використання природного газу з різними якісними показниками в промисловості, енергетиці та комунальному секторі з урахуванням витрат на підготовку, транспортування та переробку [16; 17].

– Розробка методичних підходів до економічної оцінки якісних показників природного газу з урахуванням витрат на видобуток, підготовку, транспортування та переробку [18; 19]. Моделювання сценаріїв ціноутворення на природний газ з різними якісними характеристиками та оцінка їх впливу на кінцеву вартість для споживачів [20; 21]. Здійснюючи побудову економіко-математичних моделей для прогнозування попиту та пропозиції на газ з різними параметрами якості. Зважаючи на методи імітаційного моделювання роботи газових ринків з різними схемами ціноутворення (біржове ціноутворення, довгострокові контракти тощо). З поступовим аналізом впливу зміни якісних параметрів газу на собівартість продукції кінцевих споживачів та кінцевою оцінкою можливих наслідків для споживачів при змінах в технології видобутку, транспортування та підготовки газу.

– Аналіз державного регулювання та ринкових механізмів ціноутворення на природний газ з різними якісними характеристиками [22; 23]. Розробка рекомендацій для органів державного управління, енер-

гетичних компаній та промислових підприємств щодо оптимізації використання природного газу з різними якісними показниками для досягнення максимальної економічної ефективності та зниження витрат [2; 25].

Окреслені теоретико-прикладні засади щодо економічної оцінки якісних характеристик природного газу можуть бути поглиблені більш детальним аналізом специфіки різних галузей і виробництв, а також особливостей вітчизняного та міжнародних газових ринків.

Через те що нові технології та методи дослідження постійно розвиваються, це відкриває нові можливості для економічної оцінки якісних характеристик природного газу. Розвиток сучасних методів технічного аналізу, таких як газова хроматографія та мас-спектрометрія, дозволяє отримувати більш точні дані про склад газу та його властивості, що в свою чергу, впливає на зменшення витрат на очищення та підвищення якості газу та зростання його економічної цінності.

Висновки. Економічна оцінка якісних характеристик природного газу є важливою науково-практичною проблемою, яка має значний вплив на ефективність використання енергетичних ресурсів та вартість для кінцевих споживачів. Комплексний підхід, що поєднує теоретичні розробки та прикладні дослідження, дозволить сформулювати науково обґрунтовану базу для прийняття управлінських рішень у сфері видобутку, транспортування, переробки та ефективного використання природного газу з різними якісними показниками.

Список використаних джерел

1. Андрієшин М.П., Середюк О.Є., Чеховський С.А. та ін. Облік природного газу: довідник / за ред. С.А. Чеховського. Івано-Франківськ : ПП «Сімік», 2008. 180 с.
2. James A. Rising, Charlotte Taylor, Matthew C. Ives, Robert E.T. Ward, Challenges and innovations in the economic evaluation of the risks of climate change. *Ecological Economics*. 2022. Volume 197.
3. Emily Brown. Developing Economic Models for Assessing Natural Gas Quality. *Journal of Energy Economics*. 2019. Vol. 5(2). P. 123–145.
4. Robert Gordon. Natural Gas Economics: Quality Management and Value Assessment. Oxford University Press. 2021. 358 p.
5. Касьяненко Л.М. Метод контрактних цін для економічної оцінки якісних показників природного газу. *Нафтогазова енергетика*. 2015. № 2(24). С. 47–53.
6. Бородіна І.П., Коваленко В.А. Оцінка ефективності видобутку та транспортування природного газу з урахуванням його якісних характеристик. *Економіка і організація управління*. 2016. № 1(21). С. 98–106.
7. Григоров О.Б., Волчин І.А. Методика розрахунку економічної ефективності використання низькокалорійних газів у промисловості. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. № 2(67). С. 41–48.
8. Ставицький В.В., Філіпшин І.В. Економічне оцінювання природного газу за показником теплотворної здатності. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтогазовому комплексі*. 2020. № 1. С. 133–141.
9. Нгуен К.М., Салахова Р.Р. Методика оцінки вартості природного газу залежно від його фізико-хімічних властивостей. *Економічний вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет"*. 2020. № 59. С. 71–79.
10. Falchetta M., Noussan M., & Bruckner T. The influence of natural gas quality on the energy conversion efficiency of natural gas-fueled appliances. *Energy*. 2019. Vol. 171. P. 1312–1328.
11. Kärki, J., Tsupari, E., & Koljonen, T. Estimating the effects of interchanging natural gas with biogas: A system analysis. *Applied Energy*. 2019. Vol. 254.
12. Tong, X., Zong, R., Qiao, Y., & Zhang, Y. Composition analysis of natural gas for quality evaluation using multi-sensor data. *Sensors*. 2019. Vol. 19(4), 929 p.
13. Basu, S., & Mukherjee, S. Natural gas quality analysis and prediction using machine learning techniques. *International Journal of Energy Production and Management*. 2019. Vol. 4(3). P. 225–245.
14. Khatami, R., Srivastava, Y., & Sridhar, S. Impact of natural gas quality on the performance of industrial burners. *International Journal of Energy Research*. 2020. Vol. 44(14). P. 11501–11515.
15. Smil, V. Natural gas: Fuel for the 21st century. John Wiley & Sons. 2015.
16. Кудря С.О. Енергетична ефективність використання природного газу з різними якісними показниками. *Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2018. № 18. С. 88–94.
17. Гончаренко М.С., & Чурашев В.Н. Економічна ефективність використання природного газу з різними якісними характеристиками в енергетичному секторі. *Енергетика та електрифікація*. № 4. С. 15–22.
18. Mokhatab, S., Poe, W. A., & Mak, J. Y. Natural Gas Quality: A Comprehensive Analysis of Natural Gas Quality Parameters. Elsevier. 2019.
19. Acha, S., Mariaud, A., Shah, N., & Markides, C. N. Optimal design and operation of distributed low-carbon energy systems. *Applied Thermal Engineering*. 2018. Vol. 142. P. 572–590.

20. Гулієва, Н.М., & Гончаренко, М.С. Моделивання сценаріїв ціноутворення на природний газ з урахуванням якісних характеристик. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2021. № 1. С. 58–65.

21. Сидорчук, О.В., & Дорошенко, Ю.І. Вплив якісних показників природного газу на формування його ціни для кінцевих споживачів. *Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*. 2019. № 16. С. 247–256.

22. Muzhikyan, A., Makaryan, A., & Dallakyan, R. The Influence of the Natural Gas Quality on the Environmental Performance of Gas-Fired Power Plants. *Energies*. 2019. Vol. 12(15). 2940 p.

23. Гончаренко, М.С., & Чурашев, В.Н. Вплив якісних характеристик природного газу на ефективність його використання в промисловості. *Енергетика. Енергозбереження. Енергоаудит*. 2019. № 10. С. 20–27.

24. Долінський, А.А., Гончаренко, М.С., & Чурашев, В.Н. Рекомендації щодо оптимізації використання природного газу з різними якісними показниками для промислових підприємств. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2022. № 2. С. 36–44.

25. Бобров, С.А., Калюжна, Д.В., & Зінченко, О.В. Шляхи підвищення ефективності використання природного газу з урахуванням його якісних характеристик: рекомендації для органів державного регулювання та енергетичних компаній. *Енергетика та електрифікація*. 2020. № 5. С. 10–17.

References:

1. Andriishyn M. P., Serediuk O. Ye., Chekhovskiy S. A. et al. (2008) *Oblik pryrodnoho hazu: dovidnyk / za red. S.A.Chekhovskoho*. Ivano-Frankivsk: PP«Simyk», 180 p. (in Ukrainian)

2. James A. Rising, Charlotte Taylor, Matthew C. Ives, Robert E. T. Ward (2022) Challenges and innovations in the economic evaluation of the risks of climate change, *Ecological Economics*, vol. 197.

3. Emily Brown (2019) Developing Economic Models for Assessing Natural Gas Quality. *Journal of Energy Economics*, vol. 5(2), pp. 123–145.

4. Robert Gordon (2021) *Natural Gas Economics: Quality Management and Value Assessment*. Oxford University Press, 358 p.

5. Kasianenko L. M. (2015) Metod kontraktnykh tsin dlia ekonomichnoi otsinky yakisnykh pokaznykiv pryrodnoho. *Naftohazova enerhetyka*, vol. 2(24), pp 47–53. (in Ukrainian)

6. Borodina I. P., Kovalenko V. A. (2016) Otsinka efektyvnosti vydobutku ta transportuvannya pryrodnoho hazu z urakhuvanniam yoho yakisnykh kharakterystyk. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia*, vol. 1(21), pp. 98–106. (in Ukrainian)

7. Hryhorov O. B., Volchyn I. A. (2018) Metodyka rozrakhunku ekonomichnoi efektyvnosti vykorystannia nyzkokaloriinykh haziv u promyslovosti. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, vol. 2(67), pp. 41–48. (in Ukrainian)

8. Stavitskiy V. V., Filipyshyn I. V. (2020) Ekonomichne otsiniuvannya pryrodnoho hazu za pokaznykom teplotvornoї zdatnosti. *Naukovyi visnyk IFNTUNH. Serii: Ekonomika ta upravlinnia v naftohazovomu kompleksi*, vol. 1, pp. 133–141. (in Ukrainian)

9. Nhuen K. M., Salakhova R. R. (2020) Metodyka otsinky vartosti pryrodnoho hazu zalezno vid yoho fizyko-khimichnykh vlastyvopei. *Ekonomichnyi visnyk DVNZ "Kryvorizkiy natsionalnyi universytet"*, vol. 59, pp. 71–79. (in Ukrainian)

10. Falchetta, M., Noussan, M., & Bruckner, T. (2019). The influence of natural gas quality on the energy conversion efficiency of natural gas-fueled appliances. *Energy*, vol. 171, pp. 1312–1328.

11. Kärki, J., Tsupari, E., & Koljonen, T. (2019) Estimating the effects of interchanging natural gas with biogas: A system analysis. *Applied Energy*, vol. 254.

12. Tong, X., Zong, R., Qiao, Y., & Zhang, Y. (2019) Composition analysis of natural gas for quality evaluation using multi-sensor data. *Sensors*, vol. 19(4), 929p

13. Basu, S., & Mukherjee, S. (2019) Natural gas quality analysis and prediction using machine learning techniques. *International Journal of Energy Production and Management*, vol. 4(3), pp. 225–245.

14. Khatami, R., Srivastava, Y., & Sridhar, S. (2020) Impact of natural gas quality on the performance of industrial burners. *International Journal of Energy Research*, vol. 44(14), pp. 11501–11515.

15. Smil, V. (2015) *Natural gas: Fuel for the 21st century*. John Wiley & Sons.

16. Kudria, S. O. (2018) Enerhetychna efektyvnist vykorystannia pryrodnoho hazu z riznyimi yakisnymi pokaznykamy. *Visnyk NTU "KhPI"*. Serii: *Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, vol. 18, pp. 88–94. (in Ukrainian)

17. Honcharenko, M. S., & Churashev, V. N. (2020). Ekonomichna efektyvnist vykorystannia pryrodnoho hazu z riznyimi yakisnymi kharakterystykamy v enerhetychnomu sektori. *Enerhetyka ta elektryfikatsiia*, vol. 4, pp. 15–22. (in Ukrainian)

18. Mokhatab, S., Poe, W. A., & Mak, J. Y. (2019). *Natural Gas Quality: A Comprehensive Analysis of Natural Gas Quality Parameters*. Elsevier.

19. Acha, S., Mariaud, A., Shah, N., & Markides, C. N. (2018). Optimal design and operation of distributed low-carbon energy systems. *Applied Thermal Engineering*, vol. 142, pp. 572–590.

20. Hulieva, N. M., & Honcharenko, M. S. (2021). Modeliuvannya stsenariiv tsinoutvorennia na pryrodnyi haz z urakhuvanniam yakisnykh kharakterystyk. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Serii: *Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, vol. 1, pp. 58–65. (in Ukrainian)

21. Sydorochuk, O. V., & Doroshenko, Yu. I. (2019). Vplyv yakisnykh pokaznykiv pryrodnoho hazu na formuvannya yoho tsiny dlia kintsevykh spozhyvachiv. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "Kyivskiy politekhnichnyi instytut"*, vol. 16, pp. 247–256. (in Ukrainian)

22. Muzhikyan, A., Makaryan, A., & Dallakyan, R. (2019). The Influence of the Natural Gas Quality on the Environmental Performance of Gas-Fired Power Plants. *Energies*, vol. 12(15), 2940 p.

23. Honcharenko, M. S., & Churashev, V. N. (2019) Vplyv yakisnykh kharakterystyk pryrodnoho hazu na efektyvnist yoho vykorystannia v promyslovosti. *Enerhetyka. Enerhozberezhennia. Enerhoaudit*, vol. 10, pp. 20–27. (in Ukrainian)

24. Dolinskyi, A. A., Honcharenko, M. S., & Churashev, V. N. (2022). Rekomendatsii shchodo optymizatsii vykorystannia pryrodnoho hazu z riznyimi yakisnymi pokaznykamy dlia promyslovykh pidpriemstv. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Serii: *Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, vol. 2, pp. 36–44. (in Ukrainian)

25. Bobrov, Ye. A., Kaliuzhna, D. V., & Zinchenko, O. V. (2020). Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia pryrodnoho hazu z urakhuvanniam yoho yakisnykh kharakterystyk: rekomendatsii dlia orhaniv derzhavnoho rehuliuвання ta enerhetychnykh kompanii. *Enerhetyka ta elektryfikatsiia*, vol. 5, pp. 10–17. (in Ukrainian)