

## ТРАНСПОРТ

УДК 656.614

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/31>**Берневек Т.І.**

Одеський національний морський університет

**Павлова Н.Л.**

Одеський національний морський університет

**Тихоніна І.І.**

Одеський національний морський університет

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ПОРТИ УКРАЇНИ: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

У статті визначено роль зрідженого природного газу в структурі світової газової галузі. Встановлено, що він забезпечує більш ніж 40% фізичного обсягу світового експорту газу (з перспективою сягнути позначки 60% до 2040 року). Доведено, що зріджений природний газ є одним з інструментів диверсифікації поставок палива та досягнення енергетичної незалежності держави. Проаналізовано ситуацію на глобальному ринку. Визначено, що основними постачальниками зрідженого природного газу є Катар, Австралія та США. Відзначено існування територіальної прив'язки постачальників зрідженого природного газу до ринків споживання. З точки зору технологічної специфіки країни експорту та імпорту утворюють світові газотранспортні системи, кожна з яких включає весь виробничий ланцюжок – від видобутку до доставки споживачам. Встановлено основні фактори, які доцільно враховувати у визначенні техніко-економічних переваг експортерів. Виокремлено дві умовні групи потенційних постачальників зрідженого природного газу до України: пріоритетна (Алжир, Єгипет, Катар, Оман, Нігерія) та потенційна (Тринідад і Тобаго, Лівія, Екваторіальна Гвінея, Ємен, Ангола, Камерун та Азербайджан). Акцентовано увагу на тому, що майже всі морські маршрути транспортування зрідженого природного газу до України (окрім Азербайджану) пролягають через Турецькі протоки, які є одним із найбільш складних місць у технічному аспекті. Через їх надмірну завантаженість виникають простой суден, що ускладнює планування маршруту та спричиняє додаткові транспортні витрати. Розраховано техніко-економічні показники транспортування зрідженого природного газу морськими шляхами від потенційних постачальників. Враховуючи, що транспортування зрідженого природного газу морським транспортом являє собою процес його перевезення від заводів скраплення до LNG-терміналів газозамами, привернуто увагу до питання розвитку інфраструктурного потенціалу.

**Ключові слова:** зріджений природний газ, морський транспорт, транспортування, технологія, LNG-термінал.

**Постановка проблеми.** Зріджений природний газ (далі – ЗПГ), виступаючи одним з інструментів досягнення енергетичної незалежності держав, впливає на структуру світової газової галузі, забезпечуючи більш ніж 40% фізичного обсягу світового експорту газу (з перспективою сягнути позначки 60% до 2040 року за рахунок зниження частки транспортування трубопроводами [1, с. 7].

Констатуємо, що інтерес до цього виду палива зумовлений впливом низки факторів. Серед основних з них слід відзначити: безпечність у використанні; наявність значних ресурсів природного

газу в багатьох країнах Азії, Африки і Латинської Америки, які після видобутку неможливо доставляти по газопроводах в економічно розвинені країни; гнучкість транспортування і відсутність необхідності будівництва газових магістралей; можливість більш широкого вибору виробника; екологічність; підтримка на законодавчому рівні в США, Європейському Союзі та ряді розвинутих країн Азії низьковуглецевої промисловості та процесів декарбонізації; відмова більшості фінансових корпорацій від фінансування екологічно шкідливих проєктів. Так, наприклад, Франція,

Бельгія, Іспанія, Південна Корея і США вбачають ЗПГ як одну із пріоритетних технологій імпорту природного газу, а Японія з її використанням фактично повністю покриває свої потреби.

Слід констатувати, що, маючи певні можливості та передумови, Україна поки не виступає повноцінним гравцем ринку зрідженого газу, однак він відіграє значну роль в енергозабезпеченні країни, становлячи 27,3% у кінцевому прямому споживанні енергоресурсів (за даними 2019 року) [2].

Загальновідомо, що розвиток національної економіки залежить від її повноцінного забезпечення енергоносіями, тому ефективне транспортування газу виступає важливим чинником енергетичної безпеки країни.

Не зменшуючи переваги трубопроводів, зазначимо, що їх використання ускладнює, а в ряді випадків унеможливує доставку газу на великі відстані, особливо через океан, що привертає увагу до технологій транспортування морськими шляхами.

Враховуючи сучасні виклики та значні потреби України в імпорті природного газу в довгостроковій перспективі (за рахунок власного видобутку вони задовольняються лише на 20–25%), підкреслимо, що перед країною постає завдання визначення альтернативних шляхів його постачання. А вихід до моря надає державі значні можливості щодо поставок ЗПГ.

Зазначимо, що транспортування газу в стані скрапленої (зрідженої) фракції морським шляхом з використанням LNG-технологій (Liquefied Natural Gas) та LNG-танкерів (газовозів) визначено одним із пріоритетів на державному рівні [2]. Це підкреслює актуальність даного дослідження, яке спрямовано на визначення шляхів диверсифікації газопостачання за рахунок перспективних для країни альтернативних джерел імпорту, задля досягнення належного рівня енергетичної безпеки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню технологій перевезень різноманіт-

них вантажів морським транспортом присвячено праці зарубіжних та вітчизняних науковців.

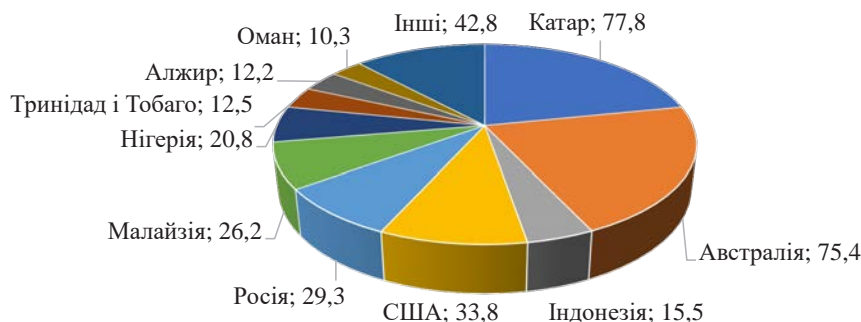
Авторами [3–5] сформовано теоретичне підґрунтя, запропоновано технологічні схеми транспортування вантажів та рекомендації, спрямовані на оптимізацію морських перевезень.

Дослідниками визначено особливості формування системи доставки вантажів [6]; розкрито технологічні аспекти перевезення наливних вантажів [7; 8]. Науковцями привертано увагу до стратегічної значущості енергетичної безпеки та ролі морських перевезень у пошуку шляхів диверсифікації енергоресурсів [9–11]; розглянуто різноманітні технології транспортування природного газу морськими шляхами, акцентовано увагу на їхніх особливостях, які зумовлені фізико-хімічними властивостями вантажу та специфікою розміщення промислових об'єктів (у важкодоступних або віддалених областях, де будівництво газопроводу технічно або економічно недоцільно) [12–16].

Однак специфіка транспортування зрідженого природного газу у вітчизняні порти, розвиток сучасних технологій перевезення в морському судноплавстві доводять необхідність подальших досліджень даної проблеми.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження технологічних аспектів транспортування зрідженого природного газу в порти України та визначення основних перспектив розвитку в цій сфері.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як свідчать результати досліджень, основним постачальником ЗПГ на глобальному ринку є Катар, розташований у Південно-Західній Азії (77,8 млн, що становить 22%). Друге місце з незначним відривом посідає Австралія – 75,4 млн. т (21%), яка останнім часом значно наростила свої потужності. На третьому – США (33,8 млн. т, що становить 10% ринку) (рис. 1).



**Рис. 1. ТОП-10 світових експортерів ЗПГ (за даними 2019 р.), млн т**  
Джерело: побудовано за даними [1; 2]

Також до першої десятки входять Росія, країни Південно-Східної Азії (Малайзія, Індонезія), Африки (Нігерія, Алжир) та Південно-Західної Азії (Оман), забезпечуючи 88% світового ринку. Крім зазначених лідерів, серед постачальників слід також відзначити такі країни, як: Екваторіальна Гвінея, Ємен, Лівія, ОАЕ, Перу, Норвегія, Ангола, Папуа-Нова Гвінея та Камерун.

Серед основних імпортерів: Японія, Республіка Корея, Тайвань, Франція, Іспанія, Італія, Бельгія та інші.

У контексті особливостей транспортування ЗПГ та технологічної специфіки представляє інтерес той факт, що країни експорту та імпорту утворюють світові газотранспортні системи (Азіатсько-Тихоокеанського регіону і Африкансько-Західноєвропейську), кожна з яких включає весь виробничий ланцюжок – від видобутку до доставки споживачам.

Результати досліджень дозволили констатувати територіальну прив'язку постачальників ЗПГ до ринків споживання. Так, основними експортерами до країн Європи та Атлантичного узбережжя США є: Алжир, Єгипет, Лівія, Нігерія, Норвегія, Екваторіальна Гвінея, Тринідад і Тобаго. А до країн Південно-Східної Азії – Австралія, Бруней, Індонезія, Малайзія.

Слід вказати, що Катар та інші країни Близького Сходу, а також учасники першої десятки світових лідерів акцентуються на рентабельному експорті ЗПГ у напрямку басейнів як Атлантичного, так і Тихого океанів. Така позиція, враховуючи географічне положення України, вносить їх до кола потенційних постачальників. Основні

фактори, які впливають на технологічні аспекти транспортування ЗПГ та які доцільно враховувати у визначенні техніко-економічних переваг експортерів, представлені на рис. 2.

Аналізуючи вплив вищевказаних факторів, вважаємо доцільним звернути увагу на результати дослідження [17, с. 68], в якому справедливо виокремлюється дві умовні групи потенційних постачальників ЗПГ до України:

1. Пріоритетна – країни, які мають розвинуте виробництво ЗПГ та відносну географічну наближеність (Алжир, Єгипет); значні запаси газу, планування збільшення обсягів виробництва та експорту, інтерес до нових ринків збуту (Катар, Оман, Нігерія).

2. Перспективна – Тринідад і Тобаго (через експорт значних обсягів газу), Лівія, Екваторіальна Гвінея, Ємен, Ангола та Камерун, використання потенціалу яких потребує розвитку міждержавних відносин як у політичній, так і економічній сферах. Певний інтерес у цьому контексті представляє Азербайджан, з яким Україна історично має встановлені міждержавні відносини. На увагу заслуговує той факт, що цей маршрут на відміну від інших уможливує безпосереднє постачання ЗПГ, уникаючи проходження Турецьких проток. Однак слід вказати, що через ряд складнощів та недоліків цей проєкт поки що залишається дискусійним.

Деякі техніко-економічні показники транспортування ЗПГ морськими шляхами від потенційних постачальників наведено в табл. 1.

Зазначимо, що фактично всі морські маршрути транспортування ЗПГ із вищевказаних країн (окрім Азербайджану) до України пролягають

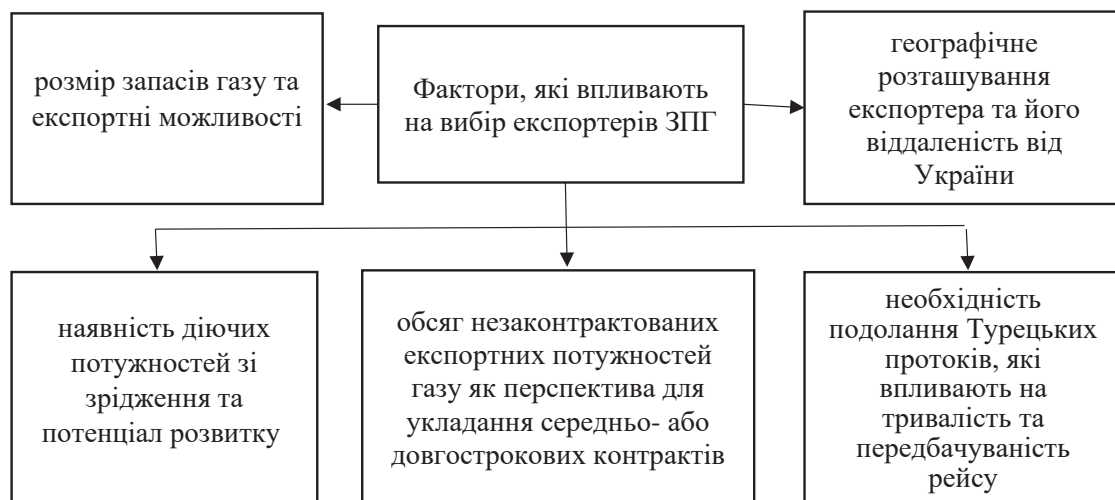


Рис. 2. Фактори, які доцільно враховувати у визначенні техніко-економічних переваг експортерів ЗПГ

Джерело: сформовано авторами

через Турецькі протоки (Босфор та Дарданелли), які утворюють єдиний водний шлях між Середземним і Чорним морями та є одним із найбільш складних місць у технічному аспекті.

Правила проходження газозовів через Турецькі протоки регулюються Конвенцією Монтре про режим проток (1936 р.) (до якої приєдналася і Україна), а також нормативно-правовими актами Туреччини у сфері безпеки, які не суперечать умовам вищевказаного документу. Отже, для таких суден довжиною до 300 м рух дозволяється тільки у світлу пору доби за умови супроводу спеціальними суднами. При цьому дедвейт LNG-танкеру обмежується висотою мостових прольотів (58 м) і не повинен перевищувати 150 тис. т. [10, с. 35].

Слід акцентувати увагу на тому, що через надмірну завантаженість Турецьких проток (понад 50 тис. суден загальним дедвейтом близько 230 тис. т щорічно) їх перетин характеризується непередбачуваністю витрат часу. Так, за даними різних морських транспортних компаній, демаредж (простої суден перед її проходженням) може сягати 7–10 діб, що ускладнює планування марш-

руту та спричиняє додаткові транспортні витрати внаслідок затримки. Одним із перспективних варіантів вирішення цієї проблеми вважається запуск в експлуатацію Стамбульського каналу, який знаходиться на стадії будівництва.

Враховуючи, що транспортування ЗПГ морським транспортом являє собою процес його перевезення від заводів скраплення до LNG-терміналів газозовами за певних термобаричних умов, технологічне забезпечення з боку країн-виробників представлено потужностями з видобутку і скраплення газу; від споживачів – комплексами з приймання, зберігання, регазифікації та постачання газу до трубопровідної мережі (LNG-термінали).

Відзначаючи наявний технічний потенціал для імпорту в Україну ЗПГ LNG-танкерами, слід звернути увагу на питання розвитку інфраструктурного потенціалу, а точніше LNG-терміналів.

Сьогодні Україна має можливість імпортувати ЗПГ зі США, Норвегії та Катару з використанням технічних можливостей терміналу «Свіноуйсьце» (Польща) та подальшої доставки (після

Таблиця 1

**Деякі техніко-економічні показники транспортування ЗПГ морськими шляхами**

Показники	Країни					
	Алжир	Катар	Нігерія	Єгипет	Оман	Азербайджан
Запаси газу трлн м <sup>3</sup>	4,5	25,3	5,20	2,20	0,98	1,30
Потужності зрідженого природного газу млрд м <sup>3</sup> (2020 р.)	37,5	102,0	39,5	22,5	14,0	8,0
Законтраковані обсяги, млрд м <sup>3</sup> /кінцевий термін контракту	6,8 до 2017-2022 рр.	22 до 2021-2025 рр.	25 до 2021-2028 рр.	17,2 до 2023-2029 рр.	11,3 до 2020-2025 рр.	–
Відстань в обидва боки <sup>1</sup> , км	7000	15800	20000	4400	14000	2000
Швидкість газозову, км/год	33	33	33	33	33	33
Час транспортування в один бік, діб (без урахування демареджу в Турецьких протоках)	4,5	10	13	5,5	9	1,5
Демаредж у Турецьких протоках, діб за рейс	10	10	10	10	10	–
Час завантаження та розвантаження (з урахуванням циклу портового обслуговування), год	18	18	18	18	18	18
Час на один рейс, діб	20	31	36	22	29	3
Максимальна кількість рейсів одного газозову	18	12	10	16	12	114

<sup>1</sup> місце призначення вантажу – узбережжя Одеської області

Джерело: складено за даними [17, с. 67–69] та доповнено

регазифікації) через газотранспортну систему. Однак серед основних перспектив у цьому напрямі слід звернути увагу на будівництво в Україні LNG-терміналу, проєкт якого в Одеській області так і не знайшов реалізації.

**Висновки.** Транспортування газу в стані зрідженої фракції морськими шляхами з використанням LNG-технологій газозовозами виступає інструментом диверсифікації газопостачання за рахунок альтернативних джерел імпорту для досягнення належного рівня енергетичної безпеки держави.

З точки зору технологічної специфіки країни експорту та імпорту утворюють світові газотранспортні системи, кожна з яких включає весь виробничий ланцюжок – від видобутку до доставки споживачам.

На вибір потенційних постачальників ЗПГ впливає сукупність техніко-економічних факторів, які формують дві умовні групи експортерів: пріоритетну та потенційну. Однак фактично всі морські маршрути транспортування ЗПГ до України (окрім Азербайджану) пролягають через Турецькі протоки, які є одним із найбільш складних місць у технічному аспекті.

Враховуючи, що транспортування ЗПГ морським транспортом являє собою процес його перевезення від заводів скраплення до LNG-терміналів газозовозами, слід звернути увагу на питання розвитку інфраструктурного потенціалу, а точніше LNG-терміналів, що становить перспективи подальших досліджень.

### Список літератури:

1. BP Statistical Review of World Energy. Acknowledgements Data compilation Centre for Energy Economics Research and Policy. HeriotWatt University. 2016. 45 p.
2. Група Нафтогаз. Річний звіт 2020. URL: [https://www.naftogaz.com/files/Zvity/Annual\\_report\\_Naftogaz\\_2020\\_UA\\_28\\_04\\_2021\\_1.pdf](https://www.naftogaz.com/files/Zvity/Annual_report_Naftogaz_2020_UA_28_04_2021_1.pdf)
3. Brouer B.D., Karsten C.V., Pisinger D. Optimization in liner shipping. *A Quarterly Journal of Operations Research*. 2017. № 15 (1). P. 1–35. doi: 10.1007/s10288-017-0342-6
4. Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на міжнародному ринку транспортних послуг в умовах глобалізації міжнародного судноплавства : монографія / авт.кол. : О.Г. Шибаєв та ін. Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2015. 171 с.
5. Шибаєв О.Г., Коскіна Ю.О. Динамічна модель оптимізації проєкту роботи морського торговельного флоту. *East European Science Journal*. 2020. № 53. С. 44–48.
6. Коскіна Ю.О. Формалізація процесу організації системи доставки вантажів. *Наукоємні технології*. 2020. № 1. С. 111–117. doi: 10.18372/2310-5461.45.14582
7. Adland R., Cariou P., Wolff, F.-C. The influence of charterers and owners on bulk shipping freight rates. *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*. 2016. № 86. P. 69–82. doi: 10.1016/j.tre.2015.11.014
8. Lernichenko K., Yevtushenko V.. Innovative project of regasification floating barges for the storage of liquefied natural gas (FSRB). *Development of management and entrepreneurship methods on transport*. 2019. № 2. 39–51. doi: 10.31375/2226-1915-2019-2-39-51
9. Гошовский И., Муравский А. Газ придёт морем: Украина возвращается к идее LNG-терминала. *Порты Украины*. 18.03.2018. URL: <https://ports.com.ua/articles/gaz-pridet-morem-ukraina-vozvrashchaetsyak-idee-lng-terminala>. (дата звернення: 09.10. 2021).
10. Сердюк В., Франишина С., Дишкант Н. Напрямки диверсифікації енергозабезпечення економіки України в контексті світових тенденцій. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2017. № 2. С. 32–38.
11. Степанова А. Диверсифікація енергетичної залежності України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка*. 2015. Вип. 7. С. 69–73.
12. Gudmundsson J.S., Graff O.F. Hydrate non-pipeline technology for transport of natural gas. URL: [http://www.igu.org/html/wgc2003/WGScpdfiles/10056\\_1046347297\\_14776\\_1.pdf](http://www.igu.org/html/wgc2003/WGScpdfiles/10056_1046347297_14776_1.pdf) (дата звернення: 09.10. 2021).
13. Дьяченко Т.В. Транспортування та збереження зрідженого природного газу : навчальний посібник. Одеса : Освіта України, 2017. 106 с.
14. Крижанівський Є.І., Зайцев В.В. Концепція альтернативного постачання природного газу до України. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2010. № 4 (37). С. 5–13.
15. Спосіб транспортування стиснутого природного газу: пат. 33882 Україна: МПК (2006) F17C 5/00. / Є.І. Крижанівський та ін. № u200804626 ; заявл. 10.04.08 ; опубл. 10.07.08. *Промислова власність*. 2008. Бюл. № 13.
16. Спосіб морського транспортування стиснутого природного газу в CNG-модулях: пат. 42694 Україна: МПК (2009) B67D 5/00 F17C 1/00 / Є.І. Крижанівський та ін. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № u200903996 ; заявл. 23.04.09 ; опубл. 10.07.09. *Промислова власність*. 2009. Бюл. № 13.
17. Опімах Р. Визначення пріоритетних постачальників СПГ до України та умов торгівлі ним. *Національна безпека і оборона*. 2011. № 9 (127). С. 67–72.

**Bernevek T.I., Pavlova N.L., Tykhonina I.I. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION OF LIQUEFIED NATURAL GAS TO THE PORTS OF UKRAINE: TECHNOLOGICAL ASPECT**

*The article defines the role of liquefied natural gas in the structure of the world gas industry. It has been established that it provides more than 40% of the physical volume of world gas exports (with the prospect of reaching 60% by 2040). It has been proven that liquefied gas is one of the tools for diversifying fuel supplies and achieving energy independence of the state. The situation in the global market is analyzed. It was determined that the main suppliers of liquefied natural gas are Qatar, Australia and the USA. The territorial connection of liquefied natural gas suppliers to consumption markets was noted. In terms of technological specifics, the countries of export and import form the world gas transportation systems, each of which includes the entire production chain - from production to delivery to consumers. The main factors that are advisable to take into account when determining the technical and economic advantages of exporters have been established. Two conditional groups of potential suppliers of liquefied natural gas to Ukraine have been identified: priority (Algeria, Egypt, Qatar, Oman, Nigeria) and potential (Trinidad and Tobago, Libya, Equatorial Guinea, Yemen, Angola, Cameroon and Azerbaijan). Attention is focused on the fact that almost all sea routes for transporting liquefied natural gas to Ukraine (except Azerbaijan) run through the Turkish Straits, which are one of the most difficult places in the technical aspect. Due to their excessive congestion, ships are idle, which complicates route planning and entails additional transportation costs. The technical and economic indicators of the transportation of liquefied gas by sea from potential suppliers have been calculated. Considering that the transportation of liquefied natural gas by sea is a process of transportation from factories to LNG terminals by gas carriers, attention is paid to the development of infrastructure potential.*

**Key words:** liquefied natural gas, sea transport, transportation, technology, LNG-terminal.