



Джус А. П.,  
Волинський Д. А.

## ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ СТИСНУТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ МОРСЬКИМИ АКВАТОРІЯМИ

*Встановлено основні можливі причини відсутності реалізованих на сьогодні проектів морського транспортування стиснутого природного газу. Окреслено область доцільності використання транспортної технології із застосуванням несамохідних барж. За результатами проведених досліджень визначено перелік аспектів, що потребують врахування при плануванні окремих проектів з метою їх успішної реалізації.*

**Ключові слова:** стиснутий природний газ, несамохідні баржі, планування проектів.

### 1. Вступ

На сьогодні глобальне споживання газу продовжує зростати. Для забезпечення потреб споживачів необхідно розробляти все нові і нові родовища. Виснаження родовищ традиційного природного газу обумовлює актуальність досліджень, націлених на пошуки та освоєння нових потенційних джерел газозабезпечення. До факторів, які впливають на можливість розробки родовищ природного газу, відносяться їх запаси, відстань між ними і споживачем, масштаби ринку, якість газу, темпи розробки та технології, які для цього використовуються.

Для шельфових родовищ здебільшого малих розмірів, віддалених від берегової лінії на десятки, а то і сотні кілометрів, важливим є транспортний аспект цієї проблеми. В окремих випадках видобування та транспортування природного газу із шельфових родовищ взагалі стає економічно недоцільним. Тому часто зустрічається вислів «невігідний» газ — це газ, який на даний момент не можна з достатнім економічним зиском доставляти на ринок, використовуючи звичні технології трубопровідного транспорту чи зрідженого природного газу (ЗПГ). Близько 50 % світових розвіданих запасів газу та тих, що ще розвідуються, припадає саме на «невігідний» газ [1].

За умов небажання компаній вкладати великі інвестиції в інфраструктуру, чи наявності фізичних обмежень, що унеможливають доставку газу на сушу, технологія транспортування природного газу у стиснутому стані (СПГ) може бути економічно обґрунтованою на ринку «невігідного» газу. Однак існують проблеми з реалізацією технології, що обумовлює актуальність досліджень в цьому напрямку.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Процес стиснення для транспортування і зберігання природного газу був застосований ще понад сотню років тому назад у трубопроводах та інших системах. Ідея транспортування природного газу за допомогою морського транспорту вже давно розглядалася. Проте різні

технології, на впровадження яких очікували, виявились економічно не перспективними. Для транспортування газу необхідно було надто багато капіталовкладень, а маса контейнерних систем була занадто великою.

Першою спробою для комерціалізації морського транспорту СПГ було судно, спроектоване компанією Колумбія Газ в кінці 1960-х. Цей проект використовував балони з дорогого сплаву сталі і після кількох рейсів був припинений будучи економічно не вигідним. З того часу відбулася стагнація розвитку СПГ технологій на 30 років. Так як бажання розробляти газ з більш ізольованих та складних родовищ в кінці 1990-х сильно зросло, інтерес до СПГ відновився. Тоді ж з'явилися і нові прихильники та розробники технологій для морського транспорту СПГ зі своїми різними концепціями.

На сьогодні у світі існують шість компаній, які розробляють технології морського транспорту СПГ. Хоча ці технології у своїй основі подібні, проте перебувають на різних стадіях розвитку і в них відображено різні методології стиснення та зберігання газу [1–8]. До списку компаній чи спільних підприємств, які вважаються найбільш залученими у ринок морського транспорту СПГ входять: EnerSea Transport LLC (США); CETech Marine, Knutsen OAS Shipping (Норвегія); SEA NG Management Corporation, TransCanada CNG Technologies, Trans Ocean Gas (Канада).

Незважаючи на ентузіазм розробників і велику кількість проектів, жоден із них досі не реалізований. З цього випливає, що при втіленні проектів розробники зустрічаються з проблемами, які виникають на стадії їх реалізації.

В зв'язку із цим, метою проведених досліджень є формування основних принципів розроблення проектів транспортування СПГ для забезпечення їх успішності.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні основні задачі:

- встановити можливі причини відсутності реалізованих на сьогодні проектів;
- окреслити область доцільності використання морського транспорту СПГ;
- визначити перелік аспектів для планування та успішної реалізації окремих проектів.

### 3. Результати досліджень проблем впровадження технології транспортування стиснутого природного газу морськими акваторіями

На сьогодні морський транспорт СПГ розглядається як сегментна технологія, що покликана доповнювати транспорт ЗПГ та трубопроводи для монетизації «невигідного» газу. Одною з найбільших переваг СПГ є мінімальні капіталовкладення. У порівнянні із транспортом ЗПГ немає потреби у спорудженні терміналів для зрідження та регазифікації. Ще одна перевага полягає у наявності мобільного активу — СПГ судна, які можуть бути використані залежно від контрактів на поставки газу, сезону та ресурсу родовища.

Показником позитивної думки про технологію транспортування СПГ є регуляторна база, яка розроблена для підтримки її впровадження. На сьогодні існують три світові спільноти, які опублікували правила та інструкції для проектування і спорудження морських СПГ суден (American Bureau of Shipping, Det Norsk Veritas, Bureau Veritas).

На початку морський транспорт СПГ розглядали як такий, що покликаний забезпечити транспортування великих об'ємів газу на середні та великі дистанції. Багато хто протиставляв цю технологію технології ЗПГ. Проте морський транспорт СПГ ніколи не був рішенням для великомасштабного експорту природного газу. Його нішею залишається регіональний транспорт, де динаміка газового ринку є повністю відділена від рішень щодо ЗПГ.

Збільшення споживання природного газу зумовило розвиток нових і вже впроваджених способів доставки. Було очевидно, що міжнародні компанії залучатимуть людські ресурси там, де масштаб проекту максимальний. Менші масштаби, такі як морський транспорт СПГ відповідно страждатимуть. Тому глобальна нестача висококваліфікованих спеціалістів, яким можна було б дати завдання на впровадження нової технології, є одною з перших причин гальмування проектів морського транспортування СПГ [9].

Якщо припустити подальший розвиток проекту, проблема наявності людських ресурсів є такою ж значною як наявність капіталу. Насправді, якщо б міжнародні компанії мали вибір багатьох проектів, що вимагають приблизно такої ж кількості технічних спеціалістів, то очевидно, що ці люди були б сфокусовані у сферах, де технічні ризики краще визначені і прибутки проекту більш масштабні. Тому, не дивно, що ЗПГ часто виграє у СПГ коли ресурси газу є значними і прогнозують більш доходи. Кошти пов'язані із ЗПГ чітко визначені і відповідають інвестиціям у людські ресурси. Морський транспорт СПГ не мав якостей, при яких вкладені інвестиції у людські ресурси були б оправдані прибутками.

З іншого боку морський транспорт СПГ страждає від недостатньої прозорості вартості проектів. Інші рішення доставки газу прийняли економічні рамки, які можна швидко застосувати до різних сценаріїв. Питання про капітальні і експлуатаційні затрати та структуру остаточного тарифу досі недоступні для індустрії. В час, коли контракти на поставку газу стають все складнішими, економіка транспорту СПГ морем повинна бути відкритою.

Як і в будь-якій іншій галузі, морський транспорт СПГ страждає від серйозної конкуренції між розроб-

никами технологій. Хоча конкуренція є невідворотною, від отримання контракту будь-ким із тих, хто прагне втілити цю технологію, виграє вся індустрія. Будь-який контракт є підтримкою її в цілому і збільшує можливість інших досягнень. Зважаючи на це, індустрія морського транспорту СПГ повинна сконцентруватися на втіленні в реальність проекту базуючись на наявних перевагах технології.

Транспортні контракти зазвичай досить складні. Проте при застосуванні простих принципів вони повинні бути також прості. Беручи до уваги кількість можливих проблем, ризиків та міркувань, важливо при розробленні початкового проекту покластися на прості, перевірені у подібних робочих середовищах процеси та обладнання. Тому мінімізація або зменшення невизначеностей процесів та обладнання, на скільки це можливо на основі досвіду, повинні зняти деякі переживання клієнта та дозволити поетапне впровадження проекту.

На думку норвезьких енергетиків, в короткостроковій перспективі найбільш доцільним буде застосування даної технології на нафтових родовищах, де видобувається незначна кількість попутного газу, який можна буде зберігати і накопичувати за рахунок стиснення. Судна для перевезення стиснутого газу будуть потрібні для газових проектів, які в даний час вважаються нерентабельними через географічне розташування родовищ або їх малу продуктивність.

Що стосується безпосередньо України та її планів щодо збільшення видобутку газу в акваторії Чорного моря, то технологія транспорту СПГ сприятиме введенню в експлуатацію середніх і малих родовищ природного газу на континентальному шельфі. Також транспортування газу у стиснутому стані може стати ефективним шляхом вирішення проблеми транспортування газу з родовищ, розташованих у глибоководних зонах. Для цих потреб флот СПГ суден повинен відповідати вимогам максимальної мобільності, надійності та економічності.

З врахуванням сказаного вище, слід зазначити, що розвиток морського транспорту СПГ потрібно починати з реалізації якомога менших проектів. Для цього випадку найкраще підходять баржі, на яких, для прикладу, можуть бути реалізовані різні технологічні рішення щодо зберігання стиснутого газу [10].

У випадку приймання газу з офшорних родовищ, необхідно передбачити систему комплексної підготовки газу. Також повинна бути передбачена система компримування газу для його завантаження в ємності на борту. Оптимальним є варіант використання при транспортуванні газу, безпосередньо видобутого з морського родовища, спеціальної технологічної баржі. На ній монтується технологічне промислове обладнання для очищення, осушення та стиснення видобутого газу. Безпосередньо для транспортування стиснутого газу використовується транспортна баржа. Заповнену транспортну баржу буксиром транспортують за відповідним маршрутом, а місце для завантаження займає інша [11].

За результатами проведених досліджень, беручи за основу описану вище схему реалізації технології транспорту СПГ, визначено перелік аспектів для планування та успішної реалізації окремих проектів. Їм характерна наступна послідовність:

- аналіз потенційних варіантів маршруту перевезення;
- прогнозування обсягів перевезень;

- визначення варіантів виконання початкових та кінцевих технологічних комплексів;
- розроблення логістики перевезень, визначення необхідного парку транспортних барж, їх параметрів та кількості буксирів;
- аналіз екологічних аспектів;
- розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат;
- прийняття основних інвестиційних рішень, обґрунтування тарифів;
- оцінка економічної ефективності інвестицій.

#### 4. Висновки

В роботі на основі світового досвіду розглянуто можливі причини відсутності реалізованих на сьогодні проектів та окреслено область доцільності морського транспортування стиснутого природного газу. Відповідно, за результатами проведених досліджень, беручи за основу схему реалізації технології транспорту СПГ з використанням несамохідних барж, визначено перелік аспектів, що потребують врахування при розробленні проектів. Це сприятиме втіленню в реальність окремого проекту і слугуватиме підтримкою технології в цілому.

#### Література

1. Thompson, L. A New Era in CNG Transportation [Electronic resource] / L. Thompson // Proceedings of Offshore Technology Conference, 30 April – 3 May. – Houston, Texas, U.S.A., 2007. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/19054-MS>
2. Young, C. Marine CNG: Technically Sound, Commercially Viable, and Imminent [Electronic resource] / C. Young // Proceedings of Offshore Technology Conference, 30 April – 3 May. – Houston, Texas, U.S.A., 2007. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/18677-MS>
3. Campbell, S. CNG Transportation Utilizing Composite Pressure Vessels [Electronic resource] / S. Campbell // Proceedings of Offshore Technology Conference, 5 May. – Houston, Texas, U.S.A., 2003. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/15297-MS>
4. Campbell, S. CNG Transportation Utilizing FRP Pressure Vessels [Electronic resource] / S. Campbell // Proceedings of Canadian International Petroleum Conference, 8–10 June. – Calgary, Alberta, Canada, 2004. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.2118/2004-299>
5. Dunlop, J. P. CNG Transport Technology is Delivering on Promises [Electronic resource] / J. P. Dunlop, C. N. White // Proceedings of SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 5–8 October. – Denver, Colorado, USA, 2003. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.2118/84254-MS>
6. Stenning, D. The COSELLE CNG carrier the shipment of natural gas by sea in compressed form [Electronic resource] / D. Stenning, J. A. Cran // Proceedings of 16th World Petroleum Congress, 11–15 June, Calgary, Canada, 2000. – Available at: \www/URL: <https://www.onepetro.org/conferences>.
7. Sea NG: Compressed Natural Gas Transportation [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://www.coselle.com/>. – 20.11.2014.
8. White, C. N. VOTRANS CNG Provides Transport Solutions For Deepwater Associated Gas [Electronic resource] / C. N. White, J. P. Dunlop // Proceedings of Offshore Technology Conference. – Houston, Texas, USA, 2005. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/17492-MS>
9. Young, C. H. SS: CNG Transportation Technology in 2009, Marine CNG – Why hasn't it happened? [Electronic resource] / C. H. Young, M. B. Hanrahan // Proceedings of Offshore Technology Conference, 4–7 May. – Houston, Texas, U.S.A., 2009. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/20145-MS>
10. Stephen, G. CNG Marine Transport-Demonstration Project Development [Electronic resource] / G. Stephen, G. Cano // Proceedings of Offshore Technology Conference, 1–4 May. – Houston, Texas, U.S.A., 2006. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.4043/17780-MS>
11. Крижанівський, Є. І. Техніко-економічні аспекти транспортування природного газу із морських родовищ [Текст] / Є. І. Крижанівський, О. Г. Дзьоба, А. П. Джус, Ю. В. Міронов // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2013. – № 2(35). – С. 7–15.

#### ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖАТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА МОРСКИМИ АКВАТОРИЯМИ

Установлены основные возможные причины отсутствия реализованных на сегодня проектов морской транспортировки сжатого природного газа. Определена область целесообразности использования транспортной технологии с применением несамоходных барж. По результатам проведенных исследований определен перечень аспектов, требующих учета при планировании отдельных проектов с целью их успешной реализации.

**Ключевые слова:** сжатый природный газ, несамоходные баржи, планирование проектов.

*Джус Андрій Петрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра нафтогазового обладнання, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, e-mail: andriy\_dzhus@i.ua.*

*Волинський Дмитро Андрійович, аспірант, кафедра спорудження та ремонту газонафтопроводів і газонафтосховищ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, e-mail: dmytro.volynskyy@gmail.com.*

*Джус Андрей Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра нефтегазового оборудования, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина. Волинский Дмитрий Андреевич, аспирант, кафедра сооружения и ремонта газонефтепроводов и газонефтехранилищ, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина.*

*Dzhus Andriy, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, e-mail: andriy\_dzhus@i.ua.*

*Volynskyy Dmytro, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, e-mail: dmytro.volynskyy@gmail.com*