

## **ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЧЕРЕЗ АКВАТОРІЮ КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ**

*Є.І. Крижанівський, О.Г. Дзьоба*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264,  
e-mail: rector@nung.edu.ua*

*Розглядаються актуальні питання диверсифікації газозабезпечення України на основі використання нової технології морського транспортування стисненого природного газу суднами CNG.*

*Проаналізовано технічні та економічні умови організації перевезень природного газу через акваторію Каспійського моря з метою формування нового комбінованого маршруту, орієнтованого на залучення ресурсу родовищ природного газу Туркменістану. Охарактеризовано основні технічні рішення, необхідні для практичної реалізації запропонованої схеми перевезень, зокрема щодо вибору типу суден, розробки та виготовлення модулів для перевезення газу та їх монтажу на суднах-газовозах чи спеціальних баржах. Враховано сучасні технічні рішення щодо необхідної берегової інфраструктури, зокрема завантажувальних і розвантажувальних терміналів.*

*Обґрунтовано технічну досяжність та економічну доцільність застосування технології CNG при транспортуванні газу Каспійським морем.*

*Ключові слова: природний газ, диверсифікація, технологія CNG, альтернативні транспортні маршрути, ефективність транспортування газу*

*Рассматриваются актуальные вопросы диверсификации газообеспечения Украины на основе использования новой технологии морского транспортирования сжатого газа судами CNG.*

*Проанализированы технические и экономические условия организации перевозок природного газа через акваторию Каспийского моря с целью формирования нового комбинированного маршрута, ориентированного на использование ресурса месторождений природного газа Туркменистана. Дана характеристика основных технических решений, необходимых для практической реализации предложенной схемы перевозок, в частности выбора типа судов, разработки и изготовления модулей для перевозки газа и их монтажа на судах-газовозах или специальных баржах. Учтены современные технические решения относительно необходимой береговой инфраструктуры, в частности загрузочных и разгрузочных терминалов.*

*Обоснована техническая достижимость и экономическая целесообразность использования технологии CNG при транспортировке газа через Каспийское море.*

*Ключевые слова: природный газ, диверсификация, технология CNG, альтернативные транспортные маршруты, эффективность транспортировки газа*

*Current issues of diversification of gas supplying Ukraine through the use of new technology marine transportation of compressed natural gas by CNG vehicles are considered.*

*Analyzed technical and economic conditions of transportation of natural gas through water area of the Caspian Sea to form a new combined route, based on involving resource of natural gas fields of Turkmenistan. Characterized basic technical solutions needed for practical implementation of the proposed scheme of traffic, particularly on choosing type of vehicles, development and manufacturing of modules for gas transportation and installation in the gas vehicles and special barges. Accounted modern technical solutions needed for coastal infrastructure, including loading and unloading terminals.*

*The technical feasibility and economic viability of using CNG technology in the transportation of gas across the Caspian Sea were proved.*

*Keywords: natural gas, diversification, CNG technology, alternative transport routes, efficiency of gas transportation.*

### **Постановка проблеми**

Енергодефіцитність вітчизняної економіки та значний рівень залежності від імпорту природного газу обумовлюють актуальність досліджень, спрямованих на пошук як нових потенційних зовнішніх джерел газозабезпечення, так і технічних засобів та технологій транспортування, спроможних забезпечити доставку вуглеводневих ресурсів до України. Зрозуміло, що реалістичність та практична доцільність реалізації нових технологій та нових маршрутів газозабезпечення України повинні відповідати критеріям технічної досяжності, надійності та економічної ефективності і розглядатися в контексті диверсифікації енергозабезпечення країни. В переліку потенційних джерел газозабезпечення доцільно розглядати не тільки безпо-

середні прямі транспортні маршрути, як наприклад Скікда (Алжир) – Южне (Україна), але і комбіновані маршрути та транспортні схеми, що ґрунтуються на принципах заміщення поставок газу серед певної групи країн шляхом узгодженого заміщення обумовлених об'ємів газу в межах міждержавних схем постачання. Такий підхід розширює спектр практичних можливостей забезпечення доставки газу в Україну із регіонів, стосовно яких неможливо організувати прямі маршрути постачання. З огляду на це перспективними та актуальними видаються дослідження технічних та економічних умов організації газозабезпечення України із країн Прикаспійського регіону і, в першу чергу, Туркменістану, який володіє значними доведеними запасами газу.

### **Аналіз досліджень і публікацій з проблеми**

Проблеми диверсифікації постачання природного газу в Україні, з огляду на їх актуальність, викликають все більший інтерес науковців і практиків. Так, зокрема, ці питання досліджували у своїх працях Бараннік В.О., Вербинський В.В., Волович О., Земляний М.Г., Коробко Б.П., Корсунський С.В., Костюченко Н.Ю., Миханюк М.В., Мітрохович М.М., Онішко О.Ф., Перфілова О.Є., Рассоха Л.Л., Рязузова Т.В., Саприкін В., Сікора Б., Шевцов А.І. та інші. В роботах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] аналізується ціла низка перспективних проектів диверсифікації джерел постачання енергоресурсів в Україну, а також досліджуються економічні та політичні аспекти їх реалізації. З іншого боку, проблема диверсифікації, окрім економіко-політичних, характеризується ще і техніко-технологічними аспектами, пов'язаними із стрімким розвитком транспортних технологій, а, особливо, новітньої технології транспортування природного газу у стиснутому стані за допомогою спеціальних суден-газовозів, яка отримала назву "технологія CNG" (від англ. Compressed Natural Gas) [8, 9].

Вказане обумовлює актуальність подальших техніко-економічних досліджень щодо доцільності використання технології CNG для морського транспортування природного газу, в тому числі і через акваторію Каспійського моря, з метою формування альтернативних газотранспортних маршрутів як елементів схем диверсифікації газозабезпечення України.

### **Цілі статті**

Дослідження технічних та економічних умов транспортування природного газу через акваторію Каспійського моря суднами CNG із Туркменістану до Азербайджану з подальшою його доставкою наземними газопроводами до території Туреччини для формування ресурсу газу, необхідного для реалізації міждержавних схем заміщення та диверсифікації газопостачання на внутрішній ринок України. Враховуючи, що техніко-економічні аспекти транспортування природного газу наземними газопроводами на сьогодні достатньо добре досліджені, основні акценти в нашій статті буде зроблено на дослідженні умов морського транспортування на базі технології CNG.

### **Виклад основного матеріалу**

Проблема транспортування природного газу через морські акваторії стає все більш актуальною з причин глобальних змін на міжнародному газовому ринку. Ці зміни обумовлені насамперед обмеженістю та нерівномірністю розподілу природних вуглеводнів за територією земної кулі, а також нерівномірністю економічного розвитку та темпів зростання споживання енергоресурсів в окремих регіонах світу. Сьогодні, крім існуючих традиційних технологій морського транспортування газу підводними трубопроводами або у скрапленому стані LNG (від англ. Liquefied Natural Gas), потенційно

перспективною є технологія транспортування компримованого природного газу CNG. Основним елементом судна CNG є система ємностей для перевезення газу, і сьогодні цілий ряд компаній працюють над технічними аспектами проектування і виготовлення таких ємностей [10, 11].

Оригінальне технічне рішення отримано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, який спільно з Інститутом електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України за участі Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова розробив та запатентував новий спосіб морського транспортування природного газу «рухомими трубопроводами» [12]. Особливістю цього способу є те, що як транспортний засіб можуть використовуватися звичайні судна-контейнеровози, на яких буде розміщений довгомірний трубопровід, складений зі стандартних газопровідних труб. Труби, з'єднані електрозварюванням через стандартні відводи, вкладаються в модуль, який має геометричні розміри і конструкцію посадочних елементів відповідно 40-футового (або 20-футового) морського контейнера. Модулі, розміщені і закріплені на судні-контейнеровозі, з'єднуються між собою у блоки, які заповнюють вантажний простір судна в декілька ярусів аналогічно розміщенню контейнерів. Трубопроводи модулів, з'єднані між собою, утворюють довгомірний трубопровід, внутрішній об'єм якого заповнюється транспортним стисненим газом. Висока технологічність цього рішення створює умови для швидкої організації виробництва таких модулів на існуючих трубних заводах України. Крім того, стає можливим оснащення такими модулями звичайних вантажних барж, що знижує необхідні капіталовкладення та скорочує терміни практичної реалізації цієї технології [13].

Для виконання техніко-економічної оцінки нами було розглянуто декілька варіантів транспортних засобів, включаючи можливість використання як стандартних контейнеровозів, так і караванів барж. Можливість та доцільність використання останніх в басейні Каспійського моря визначається сприятливими загалом природно-кліматичними умовами та іншими умовами судноплавства за маршрутом Туркменістан-Азербайджан.

Вибір транспортних засобів здійснювався з урахуванням можливостей їх виготовлення на кораблебудівних заводах окремих країн Каспійського басейну або на кораблебудівних заводах України з подальшим їх транспортуванням через мережу рік та каналів, включаючи Волго-Донський канал. При цьому враховувалися існуючі обмеження як за габаритними розмірами суден, так і їх осадкою та дедвейтом.

Як один із базових розглядався варіант використання великотоннажного контейнеровоза класу Panamax довжиною 280 м, шириною 55 м, осадкою 14 м, дедвейтом 70 тис. тонн та середньою швидкістю ходу 33,3 км/год. (18 вузлів). Відповідно до попередніх проектних рішень

**Таблиця 1 – Результати розрахунку основних техніко-економічних показників транспортування газу за маршрутом Туркменістан – Азербайджан (для перевезень використовуються великотоннажні контейнеровози класу Panamax дедвейтом 70 000 тонн)**

№ з/п	Показники	Річний обсяг перевезення газу, млн. м <sup>3</sup>			
		2 000	2 900	5 000	5 800
1	Необхідна кількість суден	2	2	4	4
2	Річна кількість рейсів одним судном по маршруту	84	121	105	121
3	Капіталовкладення, всього млн. дол. США	997,2	997,2	1390,6	1390,6
	у тому числі:				
	- вартість суден	140,0	140,0	280,0	280,0
	- обладнання для перевезення газу на судах	232	232	464	464
	- витрати на монтаж обладнання на судах	21,4	21,4	42,8	42,8
	- станція завантаження	321,1	321,1	321,1	321,1
	- станція розвантаження	282,7	282,7	282,7	282,7
4	Експлуатаційні витрати без амортизації, млн. дол. США на рік	41,4	50,4	92,8	100,8
5	Експлуатаційні витрати включаючи амортизацію, млн. дол. США на рік	107,9	116,9	185,5	193,5
6	Собівартість транспортування маршрутна, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup>	53,9	40,3	37,1	33,4
7	Собівартість транспортування, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> х100 км	17,63	13,2	12,1	10,9

облаштування судна системою для перевезення газу здійснюється шляхом монтажу окремих CNG модулів, розміри яких відповідають стандартному 40-футовому контейнеру. Маса стандартизованого модуля складає 38,8 тонн, у тому числі: маса залізних конструкцій – 29,9 тонн; маса підсилювального шару полімеру та обмотки – 3,5 тонн; маса газу – 5,4 тонни за тиску 20 МПа. Об'єм газу в стандартизованому модулі – 7,384 тис. м<sup>3</sup> за нормальних умов; коефіцієнт запасу міцності – 1,75. Для повного оснащення судна необхідно 1624 модулі CNG. При цьому об'єм перевезення газу за один рейс складає 12,0 млн. м<sup>3</sup>.

Для забезпечення виконання операцій із завантаження і розвантаження таких суден із добовою продуктивністю 24 млн.м<sup>3</sup> розроблено технологічні рішення по берегових терміналах (варіант компоновки Т1) та визначено об'єм необхідних для їх будівництва капіталовкладень. Розрахунки виконано для чотирьох варіантів річного вантажообігу, що обумовлено, з одного боку, проектними обсягами перевезення газу, а з іншого – вимогою максимального використання пропускної здатності як суден, так і берегових терміналів. Результати виконаних розрахунків відображено у табл. 1.

Техніко-економічні показники свідчать про конкурентоспроможність даного варіанту транспортування газу через акваторію Каспійського моря при значеннях річного вантажообігу від 2 до 5,8 млрд. м<sup>3</sup>. При цьому рівень собівартості та транспортний тариф знижуються із зростанням вантажообігу, а запропоновані схеми компоновки завантажувальної та розвантажувальної станцій дозволяють збільшити річний обсяг перевезення газу до 8,7 млрд. м<sup>3</sup> без додаткових капіталовкладень у берегові термі-

нали за умови використання шести суден-контейнеровозів класу Panamax.

Другий варіант комплексних рішень передбачає використання типових контейнеровозів дедвейтом близько 30 000 тонн. Як варіант такого судна нами розглянуто контейнеровоз проекту Conti Salome довжиною 204 м, шириною 28 м, осадкою 15,2 м та дедвейтом 30 573 тонн.

Попередніми технічними рішеннями щодо компоновання обладнання для перевезення газу на борту судна визначено необхідну кількість типових модулів CNG – 710 одиниць та об'єм перевезення газу за один рейс – 5,24 млн. м<sup>3</sup>. Враховуючи нижчу вантажопідйомність суден та менший об'єм перевезення газу за один рейс, а також виходячи із критерію максимізації завантаження обладнання виконано компоновку берегових терміналів для вантажообігу 2 млрд. м<sup>3</sup> /рік – варіант компоновки Т2, а для вантажообігу 5 млрд. м<sup>3</sup> – варіант компоновки Т3. Результати розрахунку основних техніко-економічних показників цього варіанту наведено у таблиці 2.

Зауважимо, що через значні габаритні розміри контейнеровози Panamax та Conti Salome неможливо провести із басейну Чорного до басейну Каспійського моря існуючою мережею рік та каналів; тому їх необхідно будувати на кораблебудівельних заводах країн Каспійського регіону.

Як один із можливих варіантів використання контейнеровозів, збудованих на заводах України було розглянуто судна проекту 006RSD05 “Гейдар Алієв”, які належать до класу “річка-море”. Параметри судна: довжина – 139,63 м; ширина – 16,7 м; осадка – 4,6 м; дедвейт – 6 970 тонн; середня швидкість ходу – 33,3 км/год. (18 вуз.); обсяг перевезення газу

Таблиця 2 – Результати розрахунку основних техніко-економічних показників транспортування газу за маршрутом Туркменістан – Азербайджан (для перевезень використовуються середньотоннажні контейнеровози класу Conti Salome дедевейтом 30 573 тонн)

№ з/п	Показники	Річний обсяг перевезення газу, млн. м <sup>3</sup>	
		2000	5000
1	Необхідна кількість суден	4	8
2	Річна кількість рейсів одним судном по маршруту	96	121
3	Капіталовкладення, всього млн. дол. США	591,7	1113,4
	у тому числі:		
	- вартість суден	160,0	320,0
	- обладнання для перевезення газу на суднах	203	406
	- витрати на монтаж обладнання на суднах	18,7	37,4
	- станція завантаження	130	190
	- станція розвантаження	80	160
4	Експлуатаційні витрати без амортизації, млн. дол. США на рік	49,36	108,72
5	Експлуатаційні витрати включаючи амортизацію, млн. дол. США на рік	88,8	182,9
6	Собівартість транспортування маршрутна, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup>	44,4	36,6
7	Собівартість транспортування, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> х100 км	14,5	12,0

Таблиця 3 – Результати розрахунку основних техніко-економічних показників транспортування газу за маршрутом Туркменістан – Азербайджан (для перевезень використовуються контейнеровози класу “річка-море” проекту 006RSD05 “Гейдар Алієв”)

№ з/п	Показники	Річний обсяг перевезення газу, млн. м <sup>3</sup>	
		2000	5000
1	Необхідна кількість суден	14	35
2	Річна кількість рейсів одним судном по маршруту	119	119
3	Капіталовкладення, всього млн. дол. США	638,8	1422,2
	у тому числі:		
	- вартість суден з газовим обладнанням	428,8	1072,7
	- станція завантаження	130	190
	- станція розвантаження	80	160
4	Експлуатаційні витрати без амортизації, млн. дол. США на рік	86,1	215,3
5	Експлуатаційні витрати включаючи амортизацію, млн. дол. США на рік	128,7	310,1
6	Собівартість транспортування маршрутна, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup>	64,35	62,0
7	Собівартість транспортування, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> х100 км	21,0	20,3

судном за один рейс – 1,2 млн.м<sup>3</sup> (табл. 3). Результати розрахунків засвідчили недоцільність практичної реалізації цього варіанту через необхідність використання великої кількості суден, а також високу, порівняно з варіантами 1 і 2, капіталомісткість та собівартість транспортування.

Для з'ясування доцільності використання караванів барж при перевезеннях природного газу в стисненому стані в басейні Каспійського моря було розглянуто варіанти 4 та 5.

Відповідно до цих варіантів схема перевезень передбачає використання каравану барж, який складається із двох барж та буксира-

штовхача. Така схема дозволяє покращити проектні рішення та скоротити як капітальні, так і експлуатаційні витрати.

При розгляді варіанту 4 вибір типу та розмірів барж і буксирів було зроблено з урахуванням можливості їх виробництва в Україні на заводах Херсона чи Миколаєва з подальшою доставкою власним ходом до басейну Каспійського моря мережею річок та каналів. Для виконання техніко-економічних розрахунків було обрано баржі класу **K R2 – RSN** із параметрами: довжина – 142 м; ширина – 16,8 м; осадка – 3,5-6,2 м; водотоннажність – 13350 тонн; середня швидкість ходу каравану барж –

**Таблиця 4 – Результати розрахунку основних техніко-економічних показників транспортування газу за маршрутом Туркменістан – Азербайджан (для перевезень використовується караван барж класу “річка-море” українського виробництва)**

№ з/п	Показники	Річний обсяг перевезення газу, млн. м <sup>3</sup>	
		2000	5000
1	Необхідна кількість караванів (2 баржі + буксир)	7	18
2	Річна кількість рейсів одним караваном по маршруту	90	87
3	Капіталовкладення, всього, млн. дол. США	516,9	1139,3
	у тому числі:		
	- вартість караванів з газовим обладнанням	306,9	789,3
	- станція завантаження	130	190
	- станція розвантаження	80	160
4	Експлуатаційні витрати без амортизації, млн. дол. США на рік	46,8	119,0
5	Експлуатаційні витрати включаючи амортизацію, млн. дол. США на рік	81,3	195,0
6	Собівартість транспортування маршрутна, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup>	40,65	39,0
7	Собівартість транспортування, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> х100 км	13,3	12,7

**Таблиця 5 – Результати розрахунку основних техніко-економічних показників транспортування газу за маршрутом Туркменістан - Азербайджан (для перевезень використовуються каравани барж класу SF 1A Super)**

№ з/п	Показники	Річний обсяг перевезення газу, млн. м <sup>3</sup>	
		2000	5000
1	Необхідна кількість караванів (2 баржі + буксир)	5	12
2	Річна кількість рейсів одним караваном по маршруту	82	85
3	Капіталовкладення, всього млн. дол. США	533,9	1127,4
	у тому числі:		
	- вартість караванів з газовим обладнанням	323,9	777,4
	- станція завантаження	130	190
	- станція розвантаження	80	160
4	Експлуатаційні витрати без амортизації, млн. дол. США на рік	45,3	110,6
5	Експлуатаційні витрати включаючи амортизацію, млн. дол. США на рік	80,9	185,8
6	Собівартість транспортування маршрутна, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup>	40,5	37,16
7	Собівартість транспортування, дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> х100 км	13,2	12,14

15 км/год. (8,1 вуз.). Караван із буксира та двох барж вказаних типорозмірів забезпечує перевезення за один рейс 3,2 млн. м<sup>3</sup> газу. Результати техніко-економічних розрахунків варіанту 4 зведено до таблиці 4.

Варіант 5 передбачає використання барж класу SF 1A Super більшого дедвейту та буксири більшої потужності. Виготовлення таких барж та буксирів потрібно здійснювати на корабельнях басейну Каспійського моря. Параметри баржі: довжина - 130,1 м; ширина - 23,9 м; осадка - 5,4 м; середня швидкість ходу каравану барж - 15 км/год. (8,1 вуз.). Караван із буксира та двох барж вказаних типорозмірів забезпечує перевезення за один рейс 4,9 млн. м<sup>3</sup> газу.

Результати техніко-економічних розрахунків варіанту 5 зведено до таблиці 5.

Зведені результати техніко-економічних розрахунків зведено до табл. 6 і свідчать загалом про прийнятність різних варіантів реалізації морського транспортування природного газу у стисненому стані за допомогою спеціальних суден в акваторії Каспійського моря. Встановлено, що із збільшенням вантажообігу з 2 до 5 млрд.м<sup>3</sup> техніко-економічні показники за всіма конкуруючими варіантами покращуються внаслідок дії позитивного ефекту масштабу.

Для практичної реалізації перевезень природного газу у стисненому стані доцільно використовувати:

1) стандартні судна-контейнеровози, спеціально оснащені обладнанням для перевезення газу. При цьому дедвейт судна повинен знаходитись у діапазоні 30 000 – 70 000, що даватиме

Таблиця 6 – Порівняння основних конкуруючих варіантів транспортування газу з використанням технології CNG через Каспійське море за маршрутом Туркменістан-Азербайджан

	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4		Варіант 5	
	2 млрд.м <sup>3</sup>	5 млрд.м <sup>3</sup>	2 млрд.м <sup>3</sup>	5 млрд.м <sup>3</sup>	2 млрд.м <sup>3</sup>	5 млрд.м <sup>3</sup>	2 млрд.м <sup>3</sup>	5 млрд.м <sup>3</sup>	2 млрд.м <sup>3</sup>	5 млрд.м <sup>3</sup>
Транспортні засоби	Контейнеровоз класу Rapaxax (дедвейт 70 000 т)		Контейнеровоз класу Conti Salome (дедвейт 30 573 т)		Контейнеровоз проекту 006RSD05 "Гейдар Алієв"		Караван барж класу K R2 - RSN		Караван барж класу SF 1A Super	
Варіант виготовлення транспортних засобів	Будівництво на заводах країн Каспійського басейну		Будівництво на заводах країн Каспійського басейну		Будівництво на заводах України		Будівництво на заводах України		Будівництво на заводах країн Каспійського басейну	
Необхідна кількість транспортних засобів (суден чи караванів барж)	2	4	4	8	14	35	7	18	5	12
Варіант компоновки станцій завантаження і розвантаження	T1	T1	T2	T3	T2	T3	T2	T3	T2	T3
Загальні капіталовкладення, млн. дол. США	997,2	1390,6	591,7	1113,4	638,8	1422,2	516,9	1139,3	533,9	1127,4
Питоми капіталовкладення, \$/1000м <sup>3</sup>	498,6	278,1	295,9	222,7	319,4	284,4	258,5	227,9	267,0	225,5
Загальні експлуатаційні витрати, млн. дол. США на рік	107,9	185,5	88,8	182,9	128,7	310,1	81,3	195,0	80,9	185,8
Собівартість маршрутна, \$/1000м <sup>3</sup>	53,9	37,1	44,4	36,6	64,35	62,0	40,65	39,0	40,5	37,2
Собівартість транспортування, \$/1000м <sup>3</sup> ·100 км	17,6	12,1	14,5	12,0	21,0	20,3	13,3	12,7	13,2	12,1
Транспортний тариф маршрутний, дол. США/ 1 000 м <sup>3</sup>	70,1	48,2	57,7	47,8	83,7	80,6	52,8	50,7	52,7	48,3
Транспортний тариф, питомих дол. США/ 1000 м <sup>3</sup> ·х100 км	22,9	15,8	18,9	15,5	27,3	26,4	17,3	16,6	17,2	15,8

змогу приймати на борт від 5,24 до 12 млн. м<sup>3</sup>. Використання контейнеровозів малого дедвейту, зокрема суден проекту 006RSD05 "Гейдар Алієв" виробництва України є економічно недоцільним.

2) каравани барж, спеціально оснащені обладнанням для перевезення газу. В разі будівництва таких барж та буксирів на корабельнях України (варіант 4) необхідно 7 караванів для вантажообігу 2 млрд. м<sup>3</sup>, або 18 караванів для вантажообігу 5 млрд. м<sup>3</sup>. Застосування барж більших розмірів потребує їх будівництва в країнах басейну Каспійського моря (варіант 5).

Порівняльний аналіз свідчить, що при вантажообігах 2 млрд. м<sup>3</sup> та 5 млрд. м<sup>3</sup> доцільно використовувати варіанти 2, 4 та 5, які є близькими за рівнем техніко-економічних показників. Варіант 3 є взагалі неприйнятним, а варіант 1 через дискретність обсягів перевезень великими суднами доцільно застосовувати при великих річних вантажообігах (5 млрд. м<sup>3</sup> та більше).

### **Висновки**

Енергодефіцитність економіки України актуалізує питання пошуку альтернативних джерел та маршрутів постачання природного газу з використанням як традиційних, так і нових технологій його транспортування. Ці технології за умови їх раціонального поєднання з трубопровідними дозволяють обґрунтовано розглядати комбіновані маршрути газопостачання, які донедавна з технічних чи економічних причин вважалися неможливими чи недоцільними.

З'ясовано зокрема, що сучасний стан розвитку технології CNG дозволяє перейти від розгляду чисто теоретичних до практичних аспектів її застосування. Так, проведені техніко-економічні розрахунки на прикладі морського маршруту через акваторію Каспійського моря від Туркменістану до Азербайджану підтверджують конкурентоспроможність технології CNG та цілком прийнятний рівень транспортних тарифів, особливо у зіставленні з транспортуванням підводними газопроводами чи технологією LNG.

Отримані результати підтверджують доцільність проведення подальших досліджень альтернативних сценаріїв диверсифікації газозабезпечення України, у тому числі із залученням потенційних вуглеводневих ресурсів Прикаспійського регіону та, зокрема, Туркменістану.

### **Література**

1 Мітрохович М.М. Перспективи розвитку паливно-енергетичних ресурсів в Україні / М.М. Мітрохович, Н.Ю. Костюченко // Наукові технології. – 2009. – № 2. – С. 98–101.

2 Шевцов А.І. Диверсифікація постачання газу в Україну. Бажання та реалії: Аналітична записка / А.І. Шевцов, М.Г. Земляний, В.В. Вербинський, Т.В. Рязова // Національний інститут стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.db.niss.gov.ua>.

3 Перфілова О.Є. Проблеми диверсифікації видів і ринків енергоносіїв в контексті забезпечення енергетичної безпеки України / О.Є. Перфілова // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – № 29 (104). – С. 40–47.

4 Волович О. Перспективи диверсифікації джерел постачання енергоносіїв в Україну / О. Волович // Національний інститут стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/Monitor/mart2009/5.htm>.

5 Саприкін В. Про «Концепцію державної енергетичної політики України на період до 2020 року» // Дзеркало тижня. – 24.02–02.03.2001. – №8(332).

6 Рассоха Л.Л. Диверсифікація джерел і маршрутів енергопостачання – пріоритетний напрям політики Європейського Союзу / Л.Л. Рассоха // Одеський філіал Національного інституту стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.od.ua/analitics.html>.

7 Диверсифікаційні проекти в енергетичній сфері України: стан, проблеми та шляхи їх реалізації // Національна безпека і оборона (Український центр економічних і політичних досліджень ім. О. Разумкова). – 2009. – № 6. – С. 2–53.

8 Енергетична безпека держави: високо-ефективні технології видобування, постачання і використання природного газу / Є.І. Крижанівський, М.І. Гончарук, В.Я. Грудз [та ін.]. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2006. – 286 с.

9 Вотинцев А.В. Транспортировка сжатого природного газа / А. В. Вотинцев // Газовая промышленность. – 2007. – № 2. – С. 32–36.

10 Блинков А.Н. Морская транспортировка сжатого газа. Новые возможности для освоения месторождений природного газа на шельфе / А.Н. Блинков, А.А. Власов // Морская биржа. – 2006. – № 2 (16). – С. 65–69.

11 Блинков А.Н. В России можно строить газовозы / А.Н. Блинков, А.А. Власов, А.В. Лисиц // Терминал. – 2006. – № 3 (57). – С. 29–31.

12 Деклар. пат., Україна, МПК F17C 5/00. Спосіб транспортування стиснутого природного газу рухомим трубопроводом / Б. Є. Патон, Є. І. Крижанівський, М. М. Савицький, Е. А. Швидкий, В. В. Зайцев, О. М. Мандрик; заявитель и патентовладелец Ів.-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу. – № u 2011 14580; заявл. 08.12.2011; опуб. 11.01.2012, № 521/ЗУ/12. – 3 с.

13 Деклар. пат., Україна, МПК B63B 25/00. Баржа-пліт для транспортування стиснутого природного газу / Б. Є. Патон, Є. І. Крижанівський, М. М. Савицький, О. І. П'ятничко, В. В. Зайцев, О. М. Мандрик; заявитель и патентовладелец Ів.-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу. – № u 2011 13979; заявл. 28.11.2011; опуб. 11.01.2012, № 522/ЗУ/12. – 3 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
14.10.11*

*Рекомендована до друку професором  
Г. Н. Семенцовим*