

ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ЯК СКЛАДОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

© 2017 СКРИПНИК А. В., НАМ'ЯСЕНКО Ю. О.

УДК 621.6:620.91-0.49.34

Скрипник А. В., Нам'ясенко Ю. О.

Оптимізація газопостачання як складова енергетичної стратегії України

Розглянуто торгівлю природним газом на чотирьох регіональних ринках, а саме: на ринку Північної Америки, ринку Центральної та Південної Америки, ринку Європи та Євразії та ринку Тихоокеанського регіону. Досліджено процес глобальної конвергенції торгівлі природним газом та обґрунтовано гіпотезу про перспективу утворення світового ринку природного газу, базуючись на зменшенні дисперсії цін і збільшенні частки зрідженого природного газу у загальних світових обсягах продажу природного газу. Побудовано дві оптимізаційні моделі: перша відноситься до мінімізації транспортних витрат під час розподілу імпортованого природного газу та газу внутрішнього виробництва на території України; друга – розглядає визначення оптимальної структури закупівель природного газу Україною та його подальше розподілення на її території з урахуванням цін кожного постачальника та наявних відстаней між споживачами та постачальниками. Розкрито переваги для України від можливого формування світового ринку природного газу, а саме: покращення стану енергетичної безпеки та незалежності, а також зменшення розміру витрат, які пов'язані із задоволенням внутрішнього попиту на природний газ.

Ключові слова: природний газ, світовий ринок, оптимізація та диверсифікація газопостачання.

Рис.: 3. **Табл.:** 5. **Бібл.:** 20.

Скрипник Андрій Васильович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Нам'ясенко Юрій Олександрович – аспірант кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна)

E-mail: yuraupalexandrov@gmail.com

УДК 621.6:620.91-0.49.34

UDC 621.6:620.91-0.49.34

Скрипник А. В., Нам'ясенко Ю. О. Оптимізація газоснабження як складова енергетичної стратегії України

Skrypnyk A. V., Namiasenko Yu. O. Optimization of Gas Supply as a Component of the Energy Strategy of Ukraine

Рассмотрена торговля природным газом на четырех региональных рынках, а именно: на рынке Северной Америки, рынке Центральной и Южной Америки, рынке Европы и Евразии и рынке Тихоокеанского региона. Исследован процесс глобальной конвергенции торговли природным газом, и предложена гипотеза о перспективе создания мирового рынка природного газа. Гипотеза основывается на уменьшении дисперсии цен и увеличении доли сжиженного природного газа в общих мировых объемах продаж природного газа. Построены две оптимизационные модели: первая относится к минимизации транспортных расходов при распределении импортируемого природного газа и газа внутреннего производства на территории Украины; вторая – рассматривает определение оптимальной структуры закупок природного газа Украиной и его дальнейшее распределение на ее территории с учетом цен каждого поставщика и имеющихся расстояний между потребителями и поставщиками. Раскрыты преимущества для Украины от возможного формирования мирового рынка природного газа, а именно: улучшение состояния энергетической безопасности и независимости, а также уменьшение размера расходов, связанных с удовлетворением внутреннего спроса на природный газ.

Ключевые слова: природный газ, мировой рынок, оптимизация и диверсификация газоснабжения.

Рис.: 3. **Табл.:** 5. **Библ.:** 20.

Скрипник Андрей Васильевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (ул. Героев Оборони, 15, Киев, 03041, Украина)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Нам'ясенко Юрій Олександрович – аспірант кафедри економічної кібернетики, Національний університет біоресурсів і природопользования Украины (ул. Героев Оборони, 15, Киев, 03041, Украина)

E-mail: yuraupalexandrov@gmail.com

There considered the trade in natural gas in four regional markets, namely the market of North America, the market of Central and South America, the market of Europe and Eurasia, and the Pacific market. The process of a global convergence of regimes of trading in natural gas is studied, and a hypothesis on the prospect of creating a world natural gas market is proposed. The hypothesis is based on reducing the dispersion of prices and increasing the share of liquefied natural gas in the total world sales of natural gas. Two optimization models are constructed: the first one relates to minimization of the transport costs on distributing the imported and domestically produced natural gas on the territory of Ukraine; the second model considers determination of the optimal structure of purchasing natural gas by Ukraine and its further distribution on the territory of the country, taking into account the prices of each supplier and the distances between the consumers and suppliers. There identified advantages for Ukraine from the possible formation of a world natural gas market, in particular improving the state of energy security and independence as well as reducing the amount of costs associated with meeting the domestic demand for natural gas.

Keywords: natural gas, world market, optimization and diversification of gas supply.

Fig.: 3. **Tbl.:** 5. **Bibl.:** 20.

Skrypnyk Andrii V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

E-mail: avskripnik@ukr.net

Namiasenko Yurii O. – Postgraduate Student of the Department of Economic Cybernetics, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine)

E-mail: yuraupalexandrov@gmail.com

Вступ. У прийнятій в 2014 р. Енергетичній стратегії України значна увага приділяється диверсифікації маршрутів і джерел поставок енергетичних ресурсів: природного газу, нафти та нафтопродуктів, палива для українських АЕС. Оскільки значна частка видобування енергетичного вугілля припадає на окуповані райони Донецької області – його також потрібно внести до цього списку. Якщо проаналізувати основні кількісні показники, що закладено в цьому документі, то головна увага приділяється зменшенню енергоємності одиниці ВВП і зменшенню рівня залежності енергопостачання від однієї країни. Що стосується енергетичного балансу енергоресурсів, які будуть споживатися до 2035 року, то передбачені зміни споживання вугілля, природного газу незначні та знаходяться в межах похибки (20 %), тобто можна вважати, що споживання цих ресурсів практично не змінюється. Порівняно з 2013 роком суттєво (з 19 до 25 %) зростає частка енергоресурсів атомної енергетики. І хоча частки природного газу суттєво зменшаться (з 34 % до 26 %) – він залишиться суттєвою складовою енергетичного балансу. Значна увага у стратегії приділялась і надзвичайно складним для нашої країни екологічним питанням (браку коштів на переоснащення енергетичних об'єктів, що працюють на вугіллі), а тому перерозподіл енергетичних ресурсів повинен розглядатися і з точки зору виконання країною взятих обов'язків по обмеженню викидів парникових газів. Безперечно, прогнозні розрахунки на такий тривалий проміжок часу неможливо здійснити без погрешностей. Так, при запланованому двократному зростанню обсягів ВВП за двадцять років (3,2 % на рік) загальне споживання енергоресурсів збільшиться тільки на 15 %, що цілком можливо за рахунок зменшення енергоємності ВВП. Однак двократне зростання ВВП за двадцять років залишить нас у групі найбідніших країн світу (140 місце у 2016 році по номінальному ВВП на душу населення) та однією з найбіднішою країною Європи, а питання про те, де взяти енергетичні ресурси для можливого прискорення розвитку економіки, програма не розглядає. Що стосується відновлюваної енергетики – то планується суттєве зростання виробництва біопалива (більш ніж на 700 %). Слід зазначити, що прогнозне споживання нафти до 2035 року зросте на 67 %, тобто перехід на електромобілі, який вже спостерігається у розвинутих країнах, в Україні не планується.

Повертаючись до загальних світових проблем, необхідно зазначити, що з кожним роком спостерігається все більше зростання населення та стрімке нарощування виробництва різноманітних видів продукції та використання різного роду послуг. Такі зміни в глобальному масштабі зумовляють все більший масштаб попиту на первинні енергоресурси [4]. При цьому підвищення споживання таких викопних джерел енергії, як вугілля або ядерна енергетика, супроводжується у першому випадку погіршенням стану зовнішнього середовища, а у другому – приховує в собі колосальні ризики техногенних катастроф та екологічні проблеми в майбутньому [13]. Тому зовсім не випадково провідна країна ЄС Німеччина планує повну відмову від ядерної енергетики до 2022 року [19]. Що стосується гідроенергетики, то потужність ГЕС, створених на рівнинній місцевості (випадок України), значною мірою обмежена і має негативний сукупний ефект використання [9].

Звичайно, у світі широко впроваджуються використання альтернативних джерел енергії, які базуються на відтворювальних особливостях природи. В Україні прискорення розвитку відновлюваної енергетики у 2013–2014 роках пов'язано зі встановленням надмірно високих зелених тарифів, що були декілька знижені наприкінці 2014 року, але залишилась найвищими і в Європі. Навіть у високорозвинених країнах частка відновлюваної енергії не перевищує і третьої частини сумарної кількості енергоспоживання. Для України частка електроенергії, що генерується відновлюваними джерелами, не перевищує 2 % [8].

Отже, можна говорити про те, що заміна викопних видів палива і перехід на альтернативні джерела енергії відбуваються повільно [5]. Альтернатива природному газу в найближчій перспективі навряд чи існує – менше викидів парникових газів при виробництві одного обсягу енергії порівняно з іншими викопними енергоносіями, набагато менше капітальних інвестицій та часу порівняно з тепловими або ядерними електростанціями [16]. В ієрархії первинних енергетичних джерел, що повинні поступово бути замінені на відновлювану енергетику в ЄС природний газ займає останню позицію [20]. Тому диверсифікація газопостачання в швидко змінюваних умовах, що спостерігається на ринку енергоресурсів, є надзвичайно актуальною задачею. Як відомо, світового ринку природного газу ще не існує, однак існують регіональні ринки, на яких з появою нових технологій видобутку та транспортування спостерігається поступова конвергенція цінних показників. Вже декілька років природний газ поступає не тільки від Російської Федерації, але і з ЄС, причому цінні сигнали для кожного з джерел різні. Крім того, Україна добуває власний природний газ. Регіони залежно від структури економіки та кількості населення споживають газ у різних обсягах, і це повинно також враховуватися при виборі джерел газопостачання. В подальшому буде показано, що шляхом оптимізації та диверсифікації газопостачання зекономляться значні бюджетні кошти, які потім можна використати на суспільні потреби. Тому задача газопостачання повинна вирішуватись не тільки на підставі вартості одиниці газу на границі, але і на підставі витрат на транспортування.

Мета цієї роботи – оптимізація газопостачання в Україну з урахуванням діючих тенденцій регіональних ринків природного газу.

Цілі роботи:

- 1) проаналізувати тенденції регіональних ринків газу;
- 2) побудувати оптимізаційну модель газопостачання;
- 3) оцінити позитивний ефект диверсифікації та оптимізації.

Аналіз останніх досліджень. Погляди дослідників на проблему створення світового ринку газу суттєво відрізняються. Ряд іноземних науковців наполягають на існуванні стійкої тенденції до створення світового ринку газу завдяки розвитку інноваційних технологій його видобутку та транспортування. Однак ще декілька років тому вважалося неможливим конкурування зрідженого природного газу з трубопровідним, тому робились негативні висновки стосовно формування світового ринку природного газу [12]. Неможливість формування єдиного глобального ринку природного газу в найближчі роки, а також велика ймовірність подальшої залежності України від імпорту при-

родного газу з Росії обґрунтовувалась у роботах [1; 2]. Вчені РФ та значна частка українських учених підтримують ту концепцію, яка обґрунтовувала продовження домінування російського газу на ринку ЄС [11].

Процесу ціноутворення на регіональних ринках газу також приділялась значна увага, обґрунтовувалась доцільність використання Російською Федерацією алгоритму розрахунку вартості природного газу на підставі цін світового ринку на нафту [3], за яким в Україну до недавнього часу здійснювались поставки. Однак останні роки ситуація суттєво змінюється.

Так, у роботі [18] розглядаються перспективи утворення світового ринку природного газу, основним фактором розвитку якого виступає збільшення інвестицій в інфраструктуру виробництва, перевезення та споживання зрідженого природного газу (ЗРП), обґрунтовується перехід природного газу з категорії регіонально товару до глобалізованого. Розглядається еволюція торгівлі та ціноутворення природного газу на різних регіональних ринках, припускається можливість конвергенції до єдиної глобальної цінової системи, що залежить від короткострокової та спотової торгівлі зрідженим природним газом [19].

В останні роки все більше уваги приділяється створенню світового ринку природного газу. Крім учених розвинутих країн, на цю позицію частково встали навіть російські вчені, які вважають, що Росії потрібно підготуватися до виникнення світового ринку природного газу. Глобалізація торгівлі та зростаюча роль фінансового сектора має забезпечити перехід до незалежної моделі ціноутворення, яка буде сприяти «зближенню» цін на локальних ринках [6].

Що стосується проблем оптимізації газопостачання в Україну, то цих питань практично не виникало внаслідок традиційної повної залежності від російського імпорту. Однак реальність і незворотність обраного Україною з 2014 року європейського вектора розвитку потребувала інноваційних рішень при оптимізації та диверсифікації газопостачання.

Викладення основного матеріалу (аналіз регіональних ринків). Розглянемо тенденції, які існують на деяких регіональних ринках: це Європейський (Average German), Північний (Canada Alberta) та Південний ринки (US Henry Hub) Американського континенту, Азійський ринок (Japan) (рис. 1). Якщо практично всі ринки мають подібні короткострокові особливості (наприклад, локальний екстремум цін, що спостерігався у 2008 році), то величина цін на окремих ринках відрізняється в рази. Наприклад, ціна 1 тис. куб. метрів на азійському ринку в період 2012–2014 роки належала проміжку 500–600 USD, тоді як ціна на американських ринках – проміжку 100–200 USD [15]. У табл. 1 наведено кореляційну матрицю цін окремих регіональних ринків. Як і слід очікувати, найбільш щільний взаємозв'язок цін спостерігається на ринку Північної та Південної Америки. Крім того, щільний взаємозв'язок спостерігається на Європейському та Азійському ринках. Що стосується взаємозв'язку американського ринку з іншими ринками (Азійським, Європейським), то він практично відсутній (з 2008 року процес зменшення цін, що спостерігався на всіх ринках, продовжився на американському континенті, тоді як на Європейському та Азійському ринках ще спостерігався тривалий інтервал зростання цін).

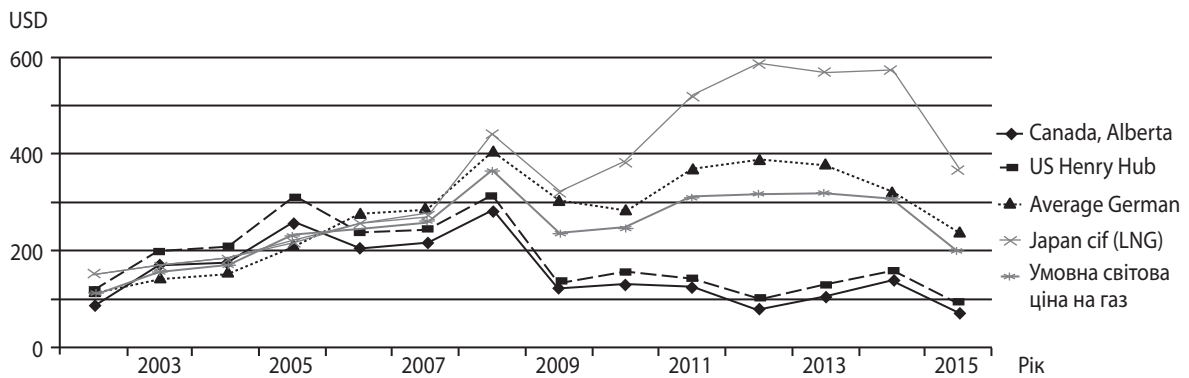


Рис. 1. Динаміка цін на регіональних ринках природного газу, USD за 1 тис. м³

Таблиця 1

Кореляційна матриця цін на газ окремих регіональних ринків за даними 2000–2016 рр.

	Canada, Alberta	US Henry Hub	Average German	Japan cif (LNG)	умовна ціна
Canada, Alberta	1,000				
US Henry Hub	0,995*	1,000			
Average German	0,007	-0,039	1,000		
Japan cif (LNG)	-0,337	-0,374	0,874*	1,000	
умовна ціна	0,195	0,151	0,966*	0,840*	1,000

*Рівень 10 % значущості лінійного взаємозв'язку

Джерело: сформовано авторами на основі [17]

Для кількісного аналізу тенденцій умовно введемо ціну світового ринку $p_w(t)$ як зважені по обсягах продажів ціни регіональних ринків і дисперсію регіональних цін – $D_p(t)$:

$$p_w(t) = \sum_{j=1}^k p_j(t) d_j(t), d_j(t) = (V_j) / (\sum_{j=1}^k V_j); \sum_{j=1}^k d_j(t) = 1; t = 1, 2, \dots, T$$

$$D_p(t) = \sum_{j=1}^k p_j(t) d_j^2(t) - p_w^2(t),$$

де $p_j(t)$ – ціна газу на j ринку на час t ;
 $d_j(t)$ – частка j ринку у загальному обсязі продажів на час t ;

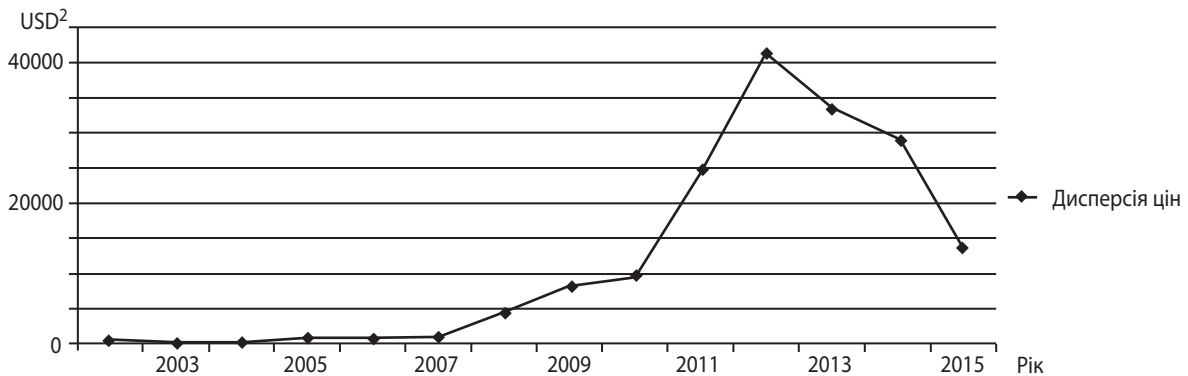


Рис. 2. Графік зміни дисперсії цін регіональних ринків газу

Джерело: сформовано авторами

Процес конвергенції обумовлено, у першу чергу, появою можливості транспортування значних обсягів зрідженого природного газу з мінімальними витратами, які не перевищують декілька відсотків від вартості самого транспортованого природного газу.

На рис. 3 наведено тенденцію зростання частки зрідженого газу у світових обсягах торгівлі.

Можна побачити, що частка загальних обсягів ЗПГ, реалізованих на регіональних ринках, має тенденцію до зростання і може бути виражена таким експоненціальним трендом:

$$y = 25,1e^{0,021(x-2002)},$$

де x – відповідний календарний рік;
 y – частка продажів ЗПГ на регіональних ринках.

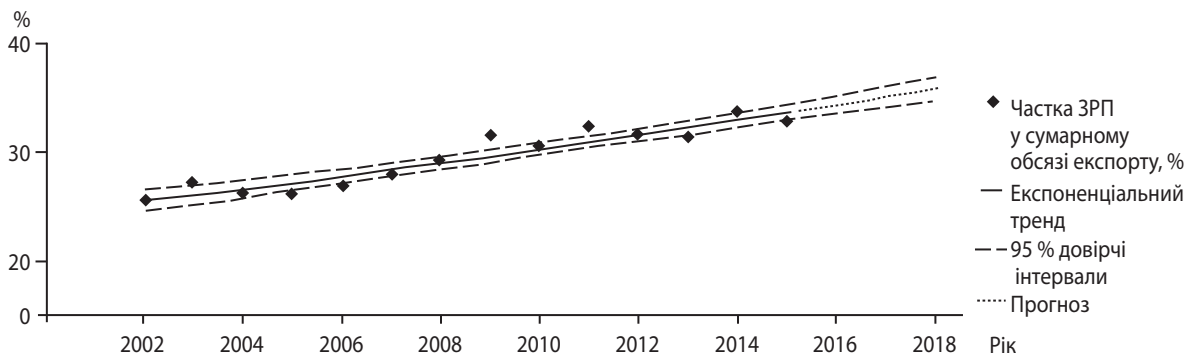


Рис. 3. Частка зрідженого природного газу в сумарному обсязі світової торгівлі природним газом, %

Джерело: власні розрахунки, [17]

$V_j(t)$ – обсяг продажів на j регіональному ринку на час t ;
 k – кількість регіональних ринків;
 T – інтервал дослідження.

Оскільки обсяги операцій на європейському ринку суттєві, він має найбільший ваговий коефіцієнт і відповідно найбільшу щільність лінійного взаємозв'язку з умовною ціною світового ринку.

Що стосується процесів дивергенції та конвергенції цін окремих ринків, то найбільш адекватно вони відображаються на підставі динаміки дисперсії цін окремих регіональних ринків (рис. 2). Аналіз змін дисперсії показав, що процес дивергенції окремих газових регіональних ринків, який співпав з початком експансії Газпрому у 2007 році, змінився на процес конвергенції у 2012 році.

Коефіцієнт детермінації моделі дорівнює 88 %, що є вагомою причиною вважати побудовану модель адекватною і придатною для екстраполяції даних. Темпи зростання частки зрідженого газу складають 2,1 % у рік. Прогнозується, що у 2020 році частка ЗПГ в обсязі продажів природного газу буде становити 36,6 %, а у 2025 році – вже 40,7 %.

Таким чином, як і зазначалось раніше, удосконалення технологій та збільшення загальних поставок ЗПГ є однією з основних умов утворення світового ринку газу. Тобто переважною тенденцією в найближчі роки буде конвергенція цін окремих регіональних ринків завдяки технічному прогресу в галузі добутку та транспортування природного газу. Що стосується європейського ринку, то тут посту-

пово розвивається роль Російської Федерації (як великої енергетичної держави), і частка природного газу з Росії в європейському енергетичному балансі буде зменшуватись (табл. 2). Що стосується України, то оскільки поставки ЗПП можуть стати конкурентоспроможними в найближчі роки, потрібно готуватись до його прийому в чорноморських портах.

Таблиця 2

Обсяги експорту природного газу різних країн Євразії в 2015 році, млрд куб. м

Країна	Обсяг (%)
Нідерланди	40,6 (9,8)
Норвегія	109,5(26,5)
Велика Британія	13,4(3,2)
Азербайджан	7,6(1,8)
Казахстан	11,3(2,7)
Росія	193,1(46,7)
Туркменістан	38,1(9,3)
Загалом	413,6(100)

Джерело: [17]

Як можна побачити з табл. 2, серйозну конкуренцію Росії на сучасний момент може скласти хіба що Норвегія, але в найближчий час ситуація може змінитись внаслідок зростання обсягів ЗПП.

До відсутності на цей час єдиної ціни на газ, яка б була подібна цінам на інші сировинні матеріали (нафта, зернові, метали тощо), призвела цілеспрямована стратегія Газпрому. Цінової монополізації ринку Газпром досягнув завдяки реалізації стратегії країни – світового енергопостачальника, що реалізується з 2000 року [7]. Крім того, РФ, користуючись монополічним станом ринку газу Східної Європи, запровадила власний алгоритм розрахунку цін на природний газ [14]. Цей алгоритм базується на енергетичному еквіваленті (теплота горіння нафти та газу), тому визначається світовими цінами на нафту та базується на припущенні стабільного зростання світових цін нафти внаслідок зростання попиту та обмеженості пропозиції. На наш погляд, такий алгоритм розрахунку цін є доволі спрощеним з економічної точки зору, оскільки нафта і природний газ можуть використовуватися не тільки в енергетичній сфері будь-якої держави.

Крім того, слід підкреслити значну політичну компоненту монопольного ціноутворення, що здійснюється російським керівництвом. Так, наприклад, Білорусь тривалий проміжок часу отримувала енергоносії по внутрішніх російських цінах в обсягах, що суттєво перевищували внутрішнє споживання, в той час коли для України було встановлено ціни, що перевищують середньостатистичні величини для європейських країн. Орієнтація на єдиного енергопостачальника, який керується не економічною, а політичною мотивацією, супроводжується значними ризиками, що призвели до багатьох кризових явищ у сучасній Україні. До 2017 року Україна суттєво диверсифікувала процес газопостачання у країну (табл. 3).

Таблиця 3

Джерела газопостачання в Україну, млрд куб. м

Рік	Україна (власне виробництво)	Європа	Росія	Разом
2013	21	2,1	25,8	48,9
2014	20,5	5	14,5	40,0
2015	19,8	10,3	6,1	36,2
2016	19,9	11,1	0	31

Джерело: [13]

Суттєве зменшення обсягів газопостачання пояснюється переходом окупованих територій на пряме газопостачання з РФ. Загальне постачання зменшилось з 48,9 у 2013 році до 36,2 млрд м куб. у 2015 році (на 26 %). Якщо оцінити зменшення споживання в регіонах, що не зазнали російської агресії, то оцінка буде практично така сама, тобто це зменшення відбулося не тільки з причин часткової анексії територій, а скоріше внаслідок зменшення енергоспоживання.

При розгляді питань перспектив газопостачання зробимо припущення, що газопостачання з РФ буде оновлено (за умовою зміни імперського політичного курсу), але не на політичній, а на економічній підставі. Тому в подальшому в оптимізаційній задачі буде також розглядатись варіант газопостачання з Росії.

Оптимізаційні моделі газопостачання

Тривалий проміжок часу енергетичний баланс України базувався на традиційних взаємовідносинах із Російською Федерацією. По суті, це був обмін реальної економічної та політичної незалежності на дешеві енергоносії. Вихід на європейський ринок газу, що здійснено з 2013 року, дозволив диверсифікувати газопостачання. Три останніх роки Україна імпортувала газ з ряду країн ЄС, тобто для кожного регіону існує можливість вибору власного постачальника, що може вплинути на загальну вартість транспортування від газопостачальників до споживачів. Україна представлена у вигляді 6 регіонів з відомими обсягами споживання.

Позначимо: j – індекс постачальника природного газу, від 1 до m , причому значення j в діапазоні $[1; K]$ відповідає вітчизняному виробнику; значенню j від $K+1$ до m відповідають закордонні виробники; i – індекс регіону-споживача природного газу, від 1 до n ; d_{ij} – відстань від j постачальника до i споживача, км; p_{ij} – об'єми поставок природного газу від j постачальника до i р споживача, млрд куб. м; p_0 – ціна транспортування природного газу, USD за 1000 куб. м на 100 км; D_i – об'єм спожитого природного газу в i регіоні.

Цільова функція цієї моделі полягає у мінімізації величини витрат на закупівлю природного газу та його подальше транспортування:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_j p_{ij} + p_0 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_{ij} d_{ij} \Rightarrow \min,$$

де j – індекс постачальника природного газу, від 1 до m , причому значення j в діапазоні $[1; K]$ відповідає вітчизняному виробнику, значенню j від $K+1$ до m відповідають закордонні виробники;

i – індекс регіону-споживача природного газу, від 1 до n ;

d_{ij} – відстань від j постачальника до i споживача, км;

p_{ij} – об'єми поставок природного газу від j постачальника до i р споживача, млрд куб. м;

p_0 – ціна транспортування природного газу, USD за 1000 куб. м на 100 км [10];

p_j – ціна природного газу j -го постачальника USD за 1000 куб. м;

D_i – об'єм спожитого природного газу в i -му регіоні.

В моделі присутні такі обмеження:

Обов'язкове задоволення попиту кожного району-споживача на природний газ:

$$\sum_{j=1}^m p_{ij} \geq D_i, i = 1, 2, \dots, n.$$

Оскільки країни ЄС постачають нам залишки газу, то потрібно ввести обмеження по об'ємах закупівель для кожного з входів:

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} \leq V_j, j = K+1, \dots, m,$$

де, V_j – допустимі обсяги поставок із відповідної іноземної країни. При розрахунках для будь якого входу використовувався максимальний обсяг 10 млрд куб. м.

Вважаємо, що вітчизняний виробник природного газу має пріоритет, тобто в будь-якому випадку потрібно спожити всі обсяги видобутого природного газу

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} = S_j, j = 1, 2, \dots, K.$$

В цій моделі на Росію припадає лише одна точка входу, а можливість імпортування зрідженого природного газу через Одесу взагалі була виключена.

Розглянемо більш детально ціни на природний газ для кожного району-постачальника станом на початок 2016 року. В результаті дії різних економічних і політичних чинників Росія знизила ціну на природний газ для України і на перший квартал 2016 року пропонувала його на рівні 212 USD 1000 куб. м. Природний газ власного видобування постачається за найвищою ціною 319 USD за 1000 куб. м (табл. 4). Через Дроздовичі Україна імпортує природний газ, в основному з Польщі, тому ціна на природний газ цього району-постачальника дорівнює імпортній ціні Польщі на початок 2016 року. Така сама ситуація склалася для району-постачальника Берегове, через який Україна імпортує природний газ переважно з Угорщина, тому ціна цього району дорівнює ціні Угорщини на початок 2016 року. Відповідно до зручності територіального розміщення більшість європейських країн експортує природний газ в Україну через Ужгород. Ціною цього району-постачальника було обрано середньо важену ціну на природний газ, яка вираховувалася на базі рівня цін та обсягів імпорту з усіх європейських країн через Ужгород.

Таблиця 4

Ціни постачальників природного газу

Район	Ціна на природний газ, USD за 1000 куб. м
Дроздовичі	190
Ужгород	195,28
Берегове	179,5
Сохранівка	248
Чернівці	319
Полтава	319
Харків	319

Джерело: [13]

Відповідно до поставлених умов задачі було знайдено оптимальний план закупівель природного газу, що мінімізує витрати газопостачання у національному масштабі з урахуванням рівня цін (табл. 5).

Таблиця 5

Матриця поставок природного газу, млрд куб. м

	Донецький район	Київський район	Львівський район	Чернівецький район	Харківський район	Черкаський район
Дроздовичі		4,46	5,54			
Ужгород						
Берегове		0,28				
Сохранівка	1,50				1,25	
Чернівці		0,69		3,31		
Полтава		1,90				6,10
Харків					8,00	

Джерело: сформовано авторами

Цільова функція, тобто загальні витрати на закупівлю природного газу, набула свого мінімального значення і становить 10,8 млрд USD.

Якщо звернутись до Енергетичної стратегії, в якій багато говориться про лібералізацію ринків енергоносіїв, і не вважати потрібним використовувати умову 3 (пріоритету вітчизняного газопостачання), то значення цільової функції зменшиться на 300 млн USD. Газ, що вироблено, в Чернівцях і Харкові не знайде споживача, а Полтава з можливих 8 реалізує 6,1 млрд куб. м. Це відбувається внаслідок великої ціни, визначеної для вітчизняного виробника, тому розглянемо останній варіант умовного досконалого ринку, коли ціна на газ однакова та дорівнює середній для всіх постачальників – 226 USD. В цьому випадку вітчизняний газ використовується повністю, з Російської Федерації імпортується тільки в обсязі 3 млрд куб. м, а значення цільової функції зменшується на 1,24 млрд USD до 9,26 млрд USD. Цей приклад наявно показує, що формування світового ринку газу позитивно вплине на процес газопостачання,

і Україна повинна бути готовою для використання всіх можливих варіантів газопостачання, що дуже добре вплине на її прагнення до енергоне залежності.

Висновки. В процесі аналізу торгівлі природним газом у світовому масштабі було з'ясовано, що світового ринку природного газу на цей час не існує. Було проаналізовано ряд регіональних ринків природного газу та встановлено, що з плином часу процес цінової дивергенції переходить у конвергенцію, тобто обсяг міжконтинентальної торгівлі з кожним роком збільшується, а ціни на всіх регіональних ринках починають зближуватись. Звідси можна висунути гіпотезу про те, що у недалекому майбутньому світовий ринок природного газу буде сформовано, а отже, варіація цін залежатиме тільки від відстані між постачальником і споживачем.

Відповідно до попередньо поставленої мети було побудовано оптимізаційні моделі, що мінімізують витрати на задоволення попиту всіх регіонів України. Ці моделі можна використовувати при зміні цін кожного з постачальників, обсягів внутрішнього споживання або ціни на транспортування природного газу.

Перша модель є моделлю оптимізації загальних транспортних витрат України за умови, що задано: попит кожного району-споживача, відстань між постачальниками та споживачами, єдина ціна транспортування і однакова ціна природного газу для всіх постачальників. Слід зазначити, що диверсифікація структури закупівель природного газу (орієнтування на декількох постачальників) призводить до суттєвих зменшень величини загальних транспортних витрат, які в реальності можуть становити від 5,5 % до 10 % загальних витрат на закупівлю і розподілення природного газу в Україні.

Друга модель полягає в оптимізації загальних витрат на закупівлю і розподілення природного газу між усіма районами-споживачами України. На відміну від першого варіанта, ця модель у процесі знаходження оптимального результату орієнтується, крім відстаней, на ціну конкретного постачальника. Таким чином, можна говорити про те, що коли ціни на світовому ринку будуть приблизно рівні – то Україна матиме повну цінову незалежність від будь-якого постачальника природного газу та зможе повною мірою проводити диверсифікацію структури закупівель природного газу, що гарантовано зменшить загальні транспортні витрати на розподілення природного газу між усіма регіонами України.

У подальшому планується включення до оптимізаційної моделі газопостачання наявних в Україні газосховищ, які, можливо, цілком будуть включені до Європейської системи газопостачання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайловська О. В. Актуальні питання розвитку світового ринку природного газу. *Економіка України*. 2012. № 10. С. 68–79.
2. Кулініч О. М. Глобальні тенденції та перспективи розвитку світового ринку природного газу. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2011. № 3/4. С. 21–29.
3. Еремін С. Либералізація європейського ринку природного газу: волатильність і конвергенція цін на газових базах. *Мировая экономика и международные отношения*. 2016. № 1. С. 82–92.
4. Прогнози щодо розвитку ринку природного газу в Азії, 2014. URL: <http://bv.com/Home/news/solutions/energy/the-evolving-natural-gas-market-in-asia>
5. Прогнози щодо розвитку альтернативних джерел енергії в Європі, 2017. URL: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy>
6. Дмитриев В. С. Перспективы глобализации региональных рынков природного газа // Мировое и национальное хозяйство. 2017. № 1. URL: <http://www.mirec.ru/2017-01/globalization-prospects-of-regional-markets-of-natural-gas>
7. Ринки природного газу, 2014. URL: https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/global_gas.pdf
8. Різні прогнози стосовно зміни попиту на природний газ, 2015. URL: <http://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/Global-Demand-Picture-For-Natural-Gas-Looks-Increasingly-Sour.html>
9. Скрипник А. В., Голячук О. С. Рациональное природо-користування та каскад Дніпровських водосховищ. *Проблеми економіки*. 2014. № 4. С. 153–160.
10. Рівні тарифів для ПАТ «Укртрансгаз» на послуги транспортування природного газу транскордонними газопроводами, 2015. URL: <http://nerc.gov.ua/?id=18343>
11. Горбунова А. С. Современное состояние и тенденции развития международной торговли природным газом // Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования РФ. URL: [http://www.fa.ru/dep/ods/autorefs/Dissertations/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%90.%D0%A1.%20\(08.09.2015\)%20e66bfa2fea79b9fb21762ff052537e5f.pdf](http://www.fa.ru/dep/ods/autorefs/Dissertations/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%90.%D0%A1.%20(08.09.2015)%20e66bfa2fea79b9fb21762ff052537e5f.pdf)
12. Симонія Н. А. Стал ли СПГ глобальным товаром? // Институт мировой экономики и международных отношений. 2010. С. 7–10. URL: <http://www.imemo.ru/files/File/ru/publ/2009/09026.pdf>
13. Откуда Украина импортирует природный газ? // Слово і діло. URL: <https://ru.slovovidilo.ua/2017/01/17/infografika/jekonomika/otkuda-ukraina-importiruet-prirodnyj-gaz>
14. Утверждение положение об определении формулы цены газа. URL: <http://www.gazprom.ru/f/posts/98/377922/prikaz-165.pdf>
15. Функціонування регіональних ринків природного газу, 2015. URL: <http://www.api.org/Oil-and-Natural-Gas-Overview/Exploration-and-Production/Natural-Gas/Understanding-Natural-Gas-Markets>
16. Advantages and Disadvantages of Natural Gas, 2015. URL: <http://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-natural-gas.php>
17. British Petroleum, statistical review of world energy, 2016. URL: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
18. Bridge G. Making a global gas market: territoriality and production networks in liquefied natural gas // Economic Geography, 2017. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00130095.2017.1283212>
19. The future of natural gas: Markets and geopolitics, 2016. URL: <http://www.ocppc.ma/sites/default/files/BookIAI-OCPPCv2.pdf>
20. Natural gas consumption in Europe, 2016. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/16/europe-places-bets-on-natural-gas-to-secure-energy-future>

REFERENCES

- «Advantages and Disadvantages of Natural Gas, 2015» <http://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-natural-gas.php%20%0d>
- «British Petroleum, statistical review of world energy, 2016» <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Bridge, G. «Making a global gas market: territoriality and production networks in liquefied natural gas» *Economic Geography*, 2017. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00130095.2017.1283212>
- Dmitriyev, V. S. «Perspektivy globalizatsii regionalnykh rynkov prirodnogo gaza» [Prospects for the globalization of regional natural gas markets]. *Mirovoye i natsionalnoye khozyaystvo*. 2017. <http://www.mirec.ru/2017-01/globalization-prospects-of-regional-markets-of-natural-gas>
- «Funktsionuvannya rehionalnykh rynkiv pryrodnogo hazu, 2015» [Functioning of regional natural gas markets, 2015]. <http://www.api.org/Oil-and-Natural-Gas-Overview/Exploration-and-Production/Natural-Gas/Understanding-Natural-Gas-Markets>
- Gorbunova, A. S. «Sovremennoye sostoyaniye i tendentsii razvitiya mezhdunarodnoy torgovli prirodnym gazom» [Current state and development trends of international trade in natural gas]. *Federalnoye gosudarstvennoye obrazovatelnoye byudzhethnoye uchrezhdeniye vysshogo obrazovaniya RF*. [http://www.fa.ru/dep/ods/autorefs/Dissertations/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%90.%D0%A1.%20\(08.09.2015\)%20e66bfa2fea79b9fb21762ff052537e5f.pdf](http://www.fa.ru/dep/ods/autorefs/Dissertations/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%90.%D0%A1.%20(08.09.2015)%20e66bfa2fea79b9fb21762ff052537e5f.pdf)
- Kulinich, O. M. «Hlobalni tendentsii ta perspektyvy rozvytku svitovoho rynku pryrodnogo hazu» [Global trends and prospects for the development of the global natural gas market]. *Zovnishnia torhivlia: ekonomika, finansy, pravo*, no. 3/4 (2011): 21-29.
- Mykhailovska, O. V. «Aktualni pytannia rozvytku svitovoho rynku pryrodnogo hazu» [Topical issues of the development of the global natural gas market]. *Ekonomika Ukrainy*, no. 10 (2012): 68-79.
- «Natural gas consumption in Europe, 2016» <https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/16/europe-places-bets-on-natural-gas-to-secure-energy-future>
- «Otkuda Ukraina importiruyet prirodnyy gaz?» [Where does Ukraine import natural gas?]. *Slovo i dilo*. <https://ru.slovoidilo.ua/2017/01/17/infografika/jekonomika/otkuda-ukraina-importiruyet-prirodnyj-gaz>
- «Prohnozy shchodo rozvytku rynku pryrodnogo hazu v Azii, 2014» [Forecasts for the development of the natural gas market in Asia, 2014]. <http://bv.com/Home/news/solutions/energy/the-evolving-natural-gas-market-in-asia>
- «Prohnozy shchodo rozvytku alternatyvnykh dzherel enerhii v Yevropi, 2017» [Projections for the development of alternative energy sources in Europe, 2017]. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy>
- «Rivni taryfiv dlia PAT «Ukrtranzgaz» na posluhy transportuvannya pryrodnogo hazu transkordonnymy hazoprovodamy, 2015» [Tariff levels for PJSC «Ukrtransgas» for services of natural gas transportation by cross-border gas pipelines, 2015]. <http://nerc.gov.ua/?id=18343>
- «Rizni prohnozy stosovno zminy popytu na pryrodnyy haz, 2015» [Different forecasts for changes in demand for natural gas, 2015]. <http://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/Global-Demand-Picture-For-Natural-Gas-Looks-Increasingly-Sour.html>
- «Rynky pryrodnogo hazu, 2014» [Natural Gas Markets, 2014]. https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/global_gas.pdf
- Simoniya, N. A. «Stal li SPG globalnym tovarom?» [Has LNG become a global commodity?]. *Institut mirovoy ekonomiki i mezhdunarodnykh otnosheniy*. 2010. <http://www.imemo.ru/files/File/ru/publ/2009/09026.pdf>
- Skrypnyk, A. V., and Holiachuk, O. S. «Ratsionalne pryrodokorystuvannya ta kaskad Dniprovskykh vodoshkovyshch» [Rational nature management and Cascade of the Dnipro reservoirs]. *Problemy ekonomiky*, no. 4 (2014): 153-160.
- «The future of natural gas: Markets and geopolitics, 2016» <http://www.ocppc.ma/sites/default/files/BookIAI-OCPPCv2.pdf>
- «Utverzhdeniye polozheniy ob opredelenii formuly tseny gaza» [Approval of the provision on the determination of the gas price formula]. <http://www.gazprom.ru/f/posts/98/377922/prikaz-165.pdf>
- Yeremin, S. «Liberalizatsiya yevropeyskogo rynku pryrodnogo gaza: volatilnost i konvergentsiya tsen na gazovykh khabakh» [Liberalization of the European natural gas market: volatility and convergence of prices for gas hubs]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya*, no. 1 (2016): 82-92.