

УДК 517:339.9

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.2.4>

**Ольга КОВАЛЬЧУК**

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики Західноукраїнського національного університету, вул. Львівська, 11, Тернопіль, індекс 46004 (olhakov@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-6490-9633

**Olha KOVALCHUK**

Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Applied Mathematics, West Ukrainian National University, 11 Lvivska Str., Ternopil, Ukraine, postal code 46004 (olhakov@gmail.com)

**Бібліографічний опис статті:** Ковальчук, О. Математична модель оцінювання макроекономічних наслідків припинення експорту російського газу у країни ЄС. *Інформаційні технології та суспільство*. 2023. Вип. 2(8). 34–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.2.4>

**Bibliographic description of the article:** Kovalchuk, O. (2023). Matematychna model otsiniuvannya makroekonomichnykh naslidkiv pryypynennia eksportu rosiiskoho hazu u krainy YeS [A Mathematical Model for Assessing the Macroeconomic Consequences of the Cessation of Russian Gas Exports to EU Countries]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 2(8), 34–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.2.4>

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПРИПИНЕННЯ ЕКСПОРТУ РОСІЙСЬКОГО ГАЗУ У КРАЇНИ ЄС**

Через рік після вторгнення Росії в Україну світовий енергетичний ландшафт кардинально змінився. Регіони по всьому світу зіткнулися зі стрімким зростанням цін на скраплений природний газ (СПГ), що спричинило негативний ефект на глобальний ринок енергоресурсів на геополітичному тлі, в основі якого лежить глобальна енергетична безпека. У роботі представлено математичну модель визначення ефекту цінового шоку пропозиції СПГ на сукупний обсяг виробництва за припущення про повне довготермінове припинення постачання російського газу до країн Європейського Союзу (ЄС). Використано наближення другого порядку багатогалузевої моделі відкритої економіки з багатofакторними зв'язками між витратами та випуском. Запропонований підхід передбачає врахування мікроекономічних аспектів у моделі загальної рівноваги. У модель включено ендогенні змінні у частках витрат на газ та визначено відгуки цін і кількості споживання газу у відповідному масштабі ринку. До нелінійних характеристик застосовано апроксимацію виробничої функції другого порядку. Для оцінювання економічного впливу шоку від припинення постачання російського газу до ЄС застосовано апроксимацію в поєднанні з моделлю СПГ. Розраховано наближені прогнозні оцінки макроекономічних наслідків від раптового довготривалого припинення постачання російського СПГ у країни ЄС на однорічний період. Ефект шоку обчислено для мінімальної та зваженої еластичності. Встановлено, що світовий ринок СПГ згладжує наслідки припинення експорту російського газу для сукупного обсягу виробництва країн-імпортерів. Отримані оцінки не враховують постійних цін на СПГ, побічних ефектів на окремі галузі економіки, ризиків в окремих країнах та додатковий вплив попиту і не стосуються довгострокових наслідків. Це може спричинити невизначеність для кількісного оцінювання в лінійній моделі.

**Ключові слова:** енергетична безпека; скраплений природний газ; ціновий шок; експорт російського газу; глобального ринок СПГ; математична модель.

**A MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING THE MACROECONOMIC CONSEQUENCES OF THE CESSATION OF RUSSIAN GAS EXPORTS TO EU COUNTRIES**

A year after Russia's invasion of Ukraine, the global energy landscape has changed dramatically. Regions around the world have faced a rapid rise in liquefied natural gas (LNG) prices, which has had a negative effect on the global energy market against a geopolitical backdrop based on global energy security. The paper presents a mathematical model for determining the effect of a price shock of LNG supply on the total production volume under the assumption of a complete long-term cessation of Russian gas supplies to the European Union (EU). A second-order approximation of a multi-sectoral open economy model with multifactor linkages between costs and output is used. The proposed approach involves taking into account microeconomic aspects in the general equilibrium model. The model includes endogenous variables in the shares of gas expenditures and identifies price and quantity responses of gas consumption at the relevant market scale. The second-order approximation of the production function is applied to nonlinear characteristics. To estimate the economic impact of the shock from the termination of Russian gas supplies to the EU, the approximation combined with the LNG model is used. Approximate forecast estimates of the macroeconomic consequences of a sudden long-term cessation of Russian LNG supplies to the EU countries for a one-year period are calculated. The shock effect is calculated for the minimum and weighted elasticities. It has been found that the global LNG market smooths out the consequences of the cessation of Russian gas exports for the aggregate production of importing

countries. The estimates do not take into account constant LNG prices, spillover effects on individual sectors of the economy, country-specific risks, and additional demand effects, and do not address long-term effects. This can lead to uncertainty for quantification in a linear model.

**Key words:** energy security; liquefied natural gas; price shock; export of Russian gas; global LNG market, mathematical model.

**Вступ.** Повномасштабна війна Росії в Україні ще більше загострила проблеми глобального зростання. Перспектива безпрецедентного повного припинення експорту СПГ з Росії посилює занепокоєння щодо дефіциту газу, ще вищих цін та економічних наслідків. Зміни, викликані політично вмотивованими обмеженнями Кремля, спричинили як тотальну паніку через стрімке зростання цін на енергоносії, так і очікування, що нинішній надлишок пропозиції може підштовхнути ціни до рекордно низького рівня. ЄС встановив дату відмови від російського газу до 2027 року. Цей процес можна прискорити, однак політикам не вистачає надійних оцінок для формування плану управління та мінімізації впливу повної довготермінової відмови ЄС від російського газу.

**Метою роботи** є отримання кількісних оцінок економічних наслідків припинення експорту російського газу для глобального ринку СПГ.

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано математичну модель кількісного оцінювання ефекту шоку пропозиції та реакцію попиту та пропозиції глобального ринку СПГ на припинення експорту російського газу в ЄС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В умовах загостренням геополітичної напруженості зросла кількість наукових досліджень з питань пошуку рішень для забезпечення незалежності енергетичної галузі країн світу від російського СПГ. Дж. Данн та К. Нілі встановили, що припинення постачання російського природного газу до Європи спричинить неоднорідні наслідки, які будуть залежати від особливостей погодних умов у країні та відповідної економічної політики [1]. І.-К. Мурарасу довів, що зростання залежності ЄС від імпорту російського газу спричинене, в основному, річним скороченням внутрішнього видобутку СПГ у країнах ЄС [2]. Т. Лан та ін. аналізували потенційний вплив на економіку Німеччини повного та постійного припинення поставок російського природного газу до Європи [3]. З. Ген виявив, що рівень ризику експорту російського природного газу в різні роки значно відрізняється [4]. Б. МакВільямс та ін. оцінювали наслідки повного припинення потоків природного газу з Росії до ЄС, враховуючи наявність, обмеження пропозиції та варіанти скорочення попиту [5]. Р. Велфенс визначив, що припинення постачання газу є політичною зброєю Росії в економічній війні із Заходом, внаслідок чого РФ втрачає політичну довіру та зменшує свої державні доходи [6]. П. Присецару проаналізував 10 заходів, спрямованих на заміну російських поставок газом з інших джерел [7]. У світлі наслідків війни Росії в Україні доцільними є нові підходи до розробки стратегії оптимізації глобальної енергетичної безпеки. Потрібні різнопланові дослідження щодо можливості скорочення імпорту газу ЄС з Росії.

**Основна частина.** Ринки природного газу в усьому світі доволі сегментовані через інфраструктуру транспортування. За даними British Petroleum [8] у 2021 році світове споживання природного газу становило приблизно 4037,5 мільярдів куб. м. Більше 3000 млрд куб. м – це трубопровідний газ, який переважно не інтегрований у глобальному масштабі. Імпорт російського природного газу по трубопроводах і СПГ становив майже 40% загального споживання природного газу в ЄС у 2021 році. Ціни на ці поставки встановлюються за різними формулами ціноутворення, включаючи поєднання цін на нафту та регіональний газ.

Споживання СПГ за межами ЄС становить близько 436 млрд куб. м. Основними економіками є Велика Британія, Китай, Індія, Японія, Пакистан, Південна Корея та китайська провінція Тайвань [8]. Як наслідок, ціни на СПГ у всьому світі різко зросли з 2021 року (Рис. 1). Підвищення цін на світовому ринку СПГ призвело до скорочення попиту як у ЄС [9], так і в інших країнах-імпортерах СПГ (Рис. 2).

Близько 70 відсотків світових продажів СПГ здійснюється за довгостроковими контрактами, які фіксують мінімальні обсяги газу. Однак формули ціноутворення часто пов'язані з основними контрольними показниками газу, такими як голландський TTF [11] або корейсько-японський маркер [12]. Більше того, значна частка довгострокових контрактів укладена з трейдерами, які перепродають СПГ клієнтам за стислі терміни на спотовому ринку. У разі створення арбітражних можливостей вантажі СПГ перенаправляються з Азії до Європи або навпаки.

Російський трубопровідний газ не може бути перенаправлений з Європи в інші частини світу. Російські газові родовища на півночі та заході РФ пов'язані лише з трубопроводами, що йдуть до Європи. Припинення надходження СПГ з російських трубопроводів до Європи зупинить видобуток супутнього газу в Росії, що стане справжнім шоком у постачанні на світовому ринку.

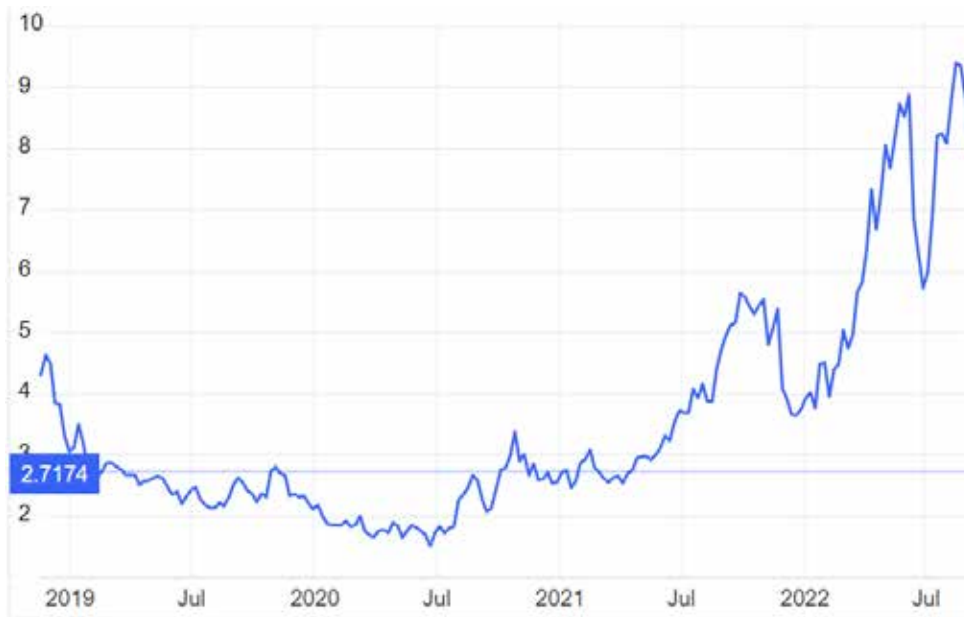


Рис. 1. Ціни на СПГ, у дол США за 1 куб. м [10]

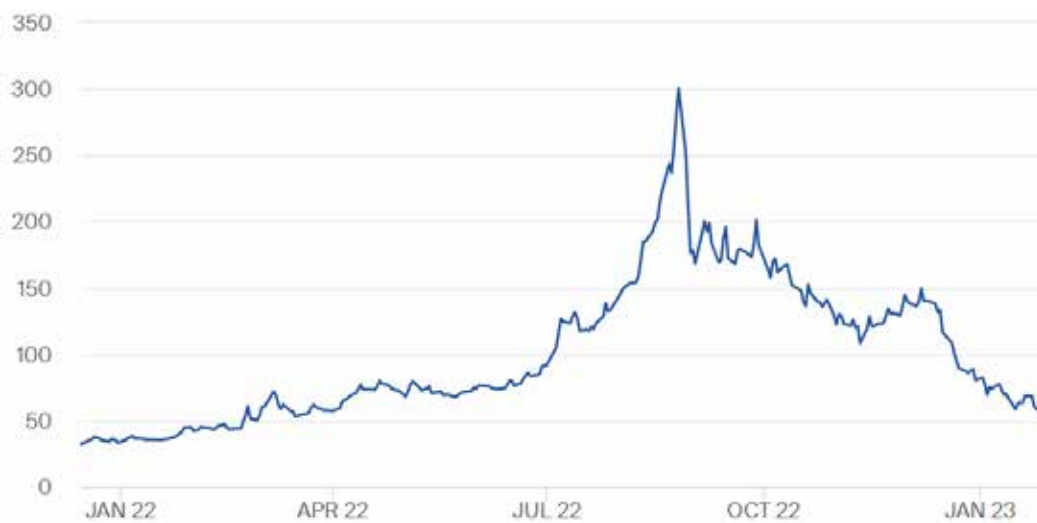


Рис. 2. Споживання СПГ, у млрд куб. м [11]

**Методологія дослідження.** Розглядається гіпотеза про повну раптову відмову країн ЄС від імпорту природного газу з Росії. У такому разі експорт російського газу у вигляді СПГ, який у 2021 оцінювався у більше, ніж 150 млрд куб. м [13], буде спрямований в іншу частину світу, що частково стане шоком для постачання природного газу [14]. Розмір шоку пропозиції оцінюється у 142 млрд. куб. м, що складає майже 17% від загального ринку СПГ в ЄС (Табл. 1).

Таблиця 1

**Відносний розмір глобального шоку припинення постачання російського газу в ЄС**

<b>Російський експорт СПГ (2021), перенаправлений в інші країни</b>	<b>+13,2 млрд куб. м</b>
Розмір шоку пропозиції	-141,8 млрд куб. м
Загальний розмір ринку	845 млрд куб. м
Розмір шоку пропозиції світового ринку СПГ	-16.8%

В основних країнах-імпортерах СПГ, на противагу ЄС [14], енергетична галузь є більш важливою, ніж житловий сектор (Рис. 3). Це призводить до нижчої середньої еластичності для цих країн, оскільки енергетична галузь має нижчу еластичність попиту, ніж житловий сектор.

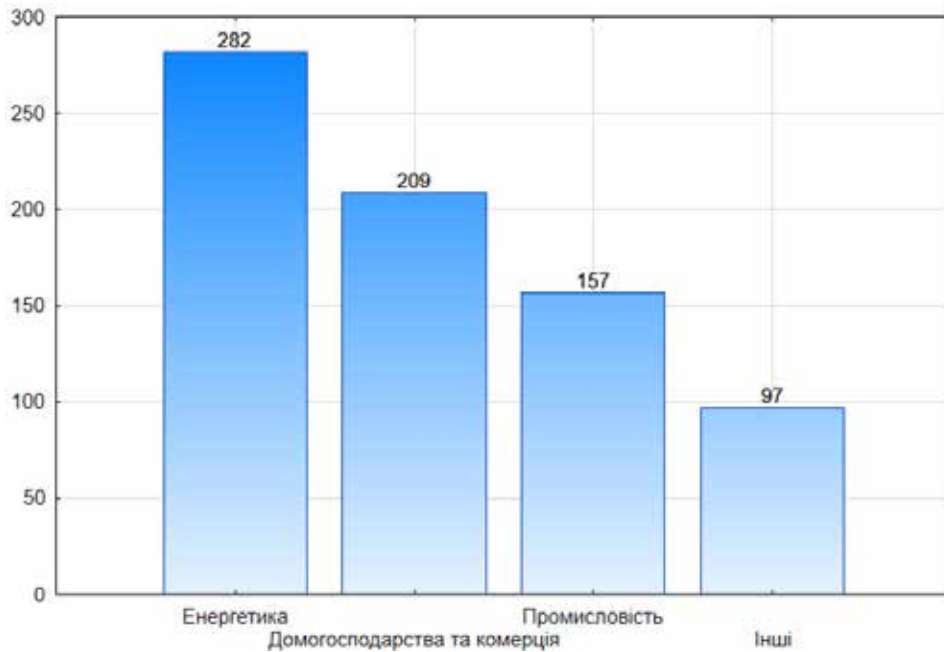


Рис. 3. Глобальне споживання природного газу за галузями, млрд. куб. м [15]

При розрахунках використано загальноприйняті галузеві оцінки еластичності (Табл. 2).

Таблиця 2

**Еластичність цін на природний газ за галузями: [16, 17, 18, 19]**

Галузь	Еластичність попиту за власною ціною	Частка глобального споживання природного газу (%)
Промисловість	0,084	42
Домогосподарства	0,24	69
Енергетика	0,136	77
Інші галузі	0,22	11

Світовий видобуток газу достатньо нееластичний у короткостроковій перспективі. Регіон із найвищою еластичністю природного газу в найближчій перспективі – це США завдяки видобутку сланцевого газу. Однак ринок газу США не повністю інтегрований з ринками Європи та Азії.

У попередній роботі ми визначили рівноважну ціну на СПГ [14]:

$$\bar{P} = -\frac{\varepsilon^v - \varepsilon^s + \lambda(\bar{s} - s)}{E^v + E^s}, \tag{1}$$

де  $E^v$  – цінова еластичність попиту,  $E^s$  – цінова еластичність пропозиції,  $\bar{s}$  – середнє значення обсягів зберігання СПГ,  $s$  – поточні обсяги зберігання СПГ,  $\varepsilon^v$  та  $\varepsilon^s$  – похибки.

За умов відсутності шоків попиту  $\varepsilon^v$  та сталих обсягів зберігання рівноважна ціна визначається за формулою:

$$\bar{P} = -\frac{\varepsilon^s}{E^v + E^s}. \tag{2}$$

**Макроекономічна модель оцінювання впливу шоку пропозиції СПГ на сукупний обсяг виробництва за гіпотези про припинення постачання російського газу до країн ЄС**

У дослідженнях використано наближення другого порядку багатогалузевої моделі відкритої економіки з багатофакторними зв'язками між витратами та випуском [20]. Потрясіння у постачанні енергії можуть призвести до значних макроекономічних нелінійностей [21]. За теоремою Халтена вплив мікроекономічного шоку загальної продуктивності факторів виробництва на сукупну багатогалузеву продуктивність дорівнює продажам виробника в умовах шоку як частці ВВП [22]. Це наближення першого порядку базується на ефективній економіці за припущення виробничої функції Кобба-Дугласа. Однак енергетичний сектор має нижчу еластичність заміщення, ніж інші галузі економіки. Тому шок продажів СПГ може завдати значно більшої шкоди економіці, ніж, наприклад, такого ж обсягу шок продажів у роздрібній торгівлі. Окрім того, виробнича функція Кобба-Дугласа не враховує й інші мікроекономічні деталі, які можуть бути важливими для природного газу. Зокрема, мережеві зв'язки, мікроекономічну віддачу від можливого перерозподілу факторів всередині галузей, між галузями та між країнами. Врахування цих мікроекономічних аспектів в модель загальної рівноваги та економічної ефективності спричиняє у відповідь на шоки ендогенні зміни матриці витрати-випуску, а результатні нелінійності формуються мікроекономічними особливостями виробничої структури [21]. До нелінійних характеристик ми використали апроксимацію виробничої функції другого порядку.

Зроблено припущення про наявність внутрішніх факторів виробництва  $h$  (наприклад, різні види праці), імпорту товарів  $m$ , товарів вітчизняного виробництва  $k$ . Кожен виробник товару  $k$  знаходиться в межах умовної країни  $n$ . Товар  $k$  може споживатися всередині країни чи за кордоном як кінцевий продукт або використовуватися як проміжний ресурс. Виробнича функція для  $k$  – це стала віддача від масштабу праці  $l$  та проміжних витрат  $x$ :

$$y_k = A_k f\left(\{l_{h,k}\}_{h \in H}, \{x_{h,k}\}_{j \in J}\right), \quad (3)$$

де  $A$  – нейтральна продуктивність (не впливає на баланс праці та капіталу у виробничій функції) для галузі  $k$ .

У кожній країні  $n$  є умовне домогосподарство з гіпотетичними вподобаннями щодо всіх товарів  $k$ :

$$C_n = C\left(\{y_{n,k}\}_{k \in K}\right), \quad (4)$$

де  $y_{n,k}$  – споживання товару  $k$  у країні  $n$ .

Оскільки в моделі немає накопичення капіталу, споживання дорівнює валовому національному продукту (ВНП). Враховуючи наявність проміжних ресурсів, валовий випуск у кожній економіці перевищує валовий внутрішній продукт (ВВП). В умовах рівноваги маємо:

$$y_n = \sum_n C_n + \sum_j Cx_{kj} \quad (5)$$

для всіх  $k$ .

В окремій країні зміна валового національного продукту з точністю до другого порядку наближення може бути записана у наступному вигляді [20, 21]:

$$\Delta \ln Y = \sum_j \frac{p_j x_j^m}{Y} \Delta \ln x_j^m - \sum_j \frac{p_k x_k^x}{Y} \Delta \ln x_k^x + \frac{1}{2} \left[ \sum_j \Delta \frac{p_j x_j^m}{Y} \Delta \ln x_j^m - \sum_j \Delta \frac{p_k x_k^x}{Y} \Delta \ln x_k^x \right], \quad (6)$$

де  $p$  – набір цін,  $Y$  – реальні ВНП до удару шоку,  $m$  – експортовані ресурси,  $X$  – імпортовані ресурси. Якщо припустити, що шок стосується лише галузі, яка споживає природний газ, вплив на експорт дорівнює нулю. Тоді рівняння можна спростити до наступного вигляду:

$$\Delta \ln Y = \frac{p_{газ} x_{газ}^m}{Y} \Delta \ln x_{газ}^m + \frac{1}{2} \Delta \frac{p_{газ} x_{газ}^m}{Y} \Delta \ln x_{газ}^m. \quad (6)$$

Перша частина рівняння базується на наближенні першого порядку теореми Халтена [22], друга є наближенням другого порядку для нелінійності з врахуванням структури виробництва на мікрорівні.

У наближенні другого порядку взаємозв'язки входу-виходу зберігаються і визначатимуть реакції ендогенних змінних  $p_{газ}$  та  $x_{газ}^m$ . В офіційних джерелах відсутні деагреговані глобальні дані про витра-

ти-випуск, які б дали можливість визначити ендогенні відгуки цін і кількості споживання газу за допомогою повної моделі. Тому для оцінювання економічного впливу шоку від припинення постачання російського газу до ЄС застосовано апроксимацію в поєднанні з моделлю СПГ [13].

За формулою (6) можна обчислити вплив шоку пропозиції, що виникає внаслідок припинення експорту російського природного газу до ЄС, на сукупний обсяг виробництва. Ефект шоку цін обчислено за даними на СПГ ТТФ за I квартал 2022 року для мінімальної та зваженої еластичності (Табл. 3) за формулою (2) [14].

Таблиця 3

**Вплив припинення постачання російського газу до ЄС на ціну СПГ на глобальному ринку**

	Еластичність	Логарифм цін, у %	Рівень цін	Зростання ціни, у %	Ціна (дол./м <sup>3</sup> )
1	Зважена	0,75	2,1	110,9	68,0
2	Мінімальна	1,17	3,2	220,7	103,3

У таблиці 4 представлено частки світових витрат на імпорт СПГ у ВВП.

Таблиця 4

**Макроекономічні наслідки відмови від російського природного газу для ЄС**

	Еластичність	Скориговане споживання країнами ЄС, млрд. куб.	Частка витрат на імпорт (2021), у %	Частка витрат на імпорт (після потрясіння), у %	Зміна частки витрат
1	Зважена	312,9	1,4	4,7	3,3
2	Мінімальна	322,2	1,4	7,3	5,9

Якщо додати частки витрат на імпорт природного газу до рівняння (6), отримуємо зміну виробництва. Прогнозні величини макроекономічних наслідків від раптового постійного припинення постачання російського газу у країни ЄС на однорічний період наведено у Табл. 5. Це наближені оцінки, що не враховують ризики в окремих країнах та додатковий вплив попиту.

Таблиця 5

**Макроекономічні наслідки припинення постачання російського природного газу**

	Еластичність	Оцінки, у %	Шок пропозиції як частка споживання, у %	Цінова еластичність попиту	Скоригований чистий імпорт (млрд. м <sup>3</sup> )	Зростання ціни, %
1	Зважена	-0,42	-16,8	0,170	313	111
2	Мінімальна	-0,50	-16,8	0,084	322	221

Світовий ринок СПГ забезпечує буфер для наслідків припинення експорту російського газу на сукупний обсяг виробництва країн-імпортерів СПГ, що не є членами ЄС. Результати для Великобританії та інших імпортерів СПГ показують суттєвий сукупний ефект виробництва в діапазоні від -0,05 відсотка для Китаю до -0,42 відсотка для Південної Кореї (Табл. 6). Відмінності між країнами відображають різні частки витрат на газ в економіці та галузевий склад споживання газу країнами.

Отримані оцінки не стосуються довгострокових наслідків, які потенційно можуть виникнути внаслідок погіршення стану державних фінансів. Водночас глобальні витрати на газ зростуть на 2,5 % (Табл. 5). Ціни на газ зростуть більш ніж на 1000 відсотків, а частка витрат на імпорт газу зросте до понад 20 відсотків ВВП. Вплив на ВВП становитиме 2,7 відсотка за мінімальної еластичності. Загальні витрати на СПГ складуть майже 20 відсотків ВВП. Значне зростання цін і частки імпорту не призводить до більшого негативного впливу на ВВП. Це пояснюється тим, що запропонована модель не враховує постійні ціни. Вищі ціни на газ і частки витрат на імпорт компенсуються нижчими відносними цінами на інші товари та послуги, включаючи реальну заробітну плату [21]. Окрім того, можуть спостерігатись побічні ефекти на окремі галузі економіки.

Таблиця 6

**Макроекономічні наслідки відключення російського природного газу  
для економік країн-імпортерів СПГ**

	<b>Еластичність</b>	<b>Зважена</b>	<b>Мінімальна</b>
1	China	-0,05	-0,07
2	India	-0,13	-0,16
3	Japan	-0,27	-0,36
4	Korea	-0,42	-0,53
5	Pakistan	-0,40	-0,47
6	Taiwan Province of China	-0,38	-0,55
7	Mexico	-0,06	-0,08
8	Argentina	-0,04	-0,05
9	Chile	-0,14	-0,18
10	Turkey	-0,26	-0,33
11	Kuwait	-0,38	-0,66
12	Singapore	-0,18	-0,27
13	Thailand	-0,14	-0,22
14	United Kingdom	-0,33	-0,45
15	ЄС	-1,38	-2,65

**Висновки.** Запропоновано математичну модель оцінювання впливу цінового шоку на світовий ринок СПГ за гіпотези про припинення постачання російського газу до країн ЄС. Використано наближення другого порядку багатогалузевої моделі відкритої економіки з багатофакторними зв'язками між витратами та випуском. Застосовано апроксимацію в поєднанні з моделлю СПГ. Обчислено вплив шоку пропозиції для мінімальної та зваженої еластичності на сукупний обсяг виробництва. Розраховано наближені прогнозні величини макроекономічних наслідків від раптового постійного припинення постачання російського газу у країни ЄС на однорічний період. Отримані оцінки не враховують постійних цін на СПГ, побічних ефектів на окремі галузі економіки, ризиків в окремих країнах та додатковий вплив попиту і не стосуються довгострокових наслідків. Окрім того сезонний попит може призвести до вузьких місць інфраструктури, які є дуже невизначеними для кількісної оцінки в лінійній моделі. Це є предметом для майбутніх досліджень.

**Список використаних джерел:**

- Dunn, J., & Neely, C. J. (2022). A Shutoff of Russian Natural Gas. *Economic Synopses*. Federal Reserve Bank of St. Louis, 29, 1-2.
- Murarasu, I.-C. (2023). Analysis of the European Union's Energy Dependence on the Russian Federation. The European Resilience in Gas Supply in the Context of Russian-Ukrainian Tensions. *Digital Economy and the Green Revolution*. Mihail Busu (ed.), 175-187.
- Lan, T., Sher, G. & Zho, J. (2022). The Economic Impacts on Germany of a Potential Russian Gas Shutoff. *IMF Working Papers*, 2022/144. International Monetary Fund.
- Geng, Z. (2021). Russian Energy Strategies in the Natural Gas Market for Energy Security. *International Journal of Energy Economics and Policy, Econjournals*, 11,2, 62-66.
- McWilliams, B., Sgaravatti, G., Tagliapietra, S., Zachmann, G. (2023). Can Europe live without Russian natural gas? *The World Economy*, 46,4, 897-905.
- Welfens, P. J. J. (2022). A Russian Gas Supply Boycott Against Western Countries. *Russia's Invasion of Ukraine*, 0, 99-113.
- Prisecaru, P. (2022). A 10-Point Plan of Iea to Reduce the European Union'S Reliance on Russian Natural Gas. *Euroinfo*, Institute for World Economy, Romanian Academy, 6,1, 16-26.
- BP (2022). Statistical review of world energy. *British Petroleum*, London.
- Kovalchuk, O., Shynkaryk, M., Berezka, K, Babala, L., Chopyk, P., Basisty, P. (2022). Data Mining Tools for Analysis of Dependence of Gas Consumption of the Gas Price for Housholds of the EU Memberd-States. *12th International Conference "Advanced Computer Information Technologies"* (pp. 267-271). Spišská Kapitula, Slovakia.
- Natural gas. *Trading Economics* (2023). <https://tradingeconomics.com/commodity/natural-gas>
- Dutch TTF Natural Gas Futures. ICE Endex, 2-23. <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5586285&span=3>
- Platts JKM™ (Japan Korea Marker) LNG Price Assessment. *S&P Global Commodity Insights*. <https://www.spglobal.com>
- Albrizio, S., Bluedorn J., Koch, C., Pescatori, A., Stuermer, M. (2022). Market Size and Supply Disruptions: Sharing the Pain of a Potential Russian Gas Shut-off to the European Union. *IMF Working Paper*, No. WP/22/143.

14. Kovalchuk, O., Babii, S., Kasianchuk, M. (2022). Model ocinyuvannya efektyvnoho shoku rynku prirodnogo gazu v YeS v umovah vidmovi vid rosijskogo importu [Assessing Model for Effects of Price Shock on the Natural Gas Market]. *Information technology and society*, 4,6, 23-27. [in Ukrainian].
15. Share of natural gas final consumption by sector. (2019). IEA. Retrieved from <https://www.iea.org>.
16. Andersen, T., Nilsen, O. & Tveteras, R. (2011). How is demand for natural gas determined across European industrial sectors? *Energy Policy*, 39,9, 5499-5508.
17. Asche, F., Nilsen, O. & Tveteras, R. (2008). Natural gas demand in the European household sector. *The Energy Journal*, 29,3.
18. Serletis, A., Timilsina, G. R., & Vasetsky, O. (2010). Interfuel substitution in the United States. *Energy Economics*, 32,3, 737-745.
19. Labandeira, X., Labeaga, J. M., & Lopez-Otero, X. (2017). A meta-analysis on the price elasticity of energy demand. *Energy Policy*, 102, 549-568.
20. Bachmann, R., Baqaee, D., et al. (2022). What if? The economic effects for Germany of a stop of energy imports from Russia. ECONtribute Policy Brief, 28.
21. Baqaee, D., & Farhi E. (2019). Networks, Barriers, and Trade. Working Paper 26108. National Bureau of Economic Research.
22. Hulten, C. R. (1978). Growth accounting with intermediate inputs. *The Review of Economic Studies* 45,3, pp. 511-518.