

УДК 339.97

Письменна У.Є., канд.екон. наук

Інститут економіки та прогнозування НАН України

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

*Знання, що стосується інституційних, економічних та політичних аспектів трансформації енергетичних систем, значно відстає від розуміння технічних та вартісних аспектів такої трансформації. Глобальні енергетичні сценарії віддзеркалюють кліматичні наслідки, зростаюче напруження із забезпеченням тим чи іншим видом енергоресурсів країн та регіонів, а також глобалізаційні та локалізаційні процеси у світовій енергетичній системі. Міжнародними центрами енергетичного аналізу та політики декларуються амбітні енергетичні цілі щодо досягнення частки використання відновлювальних джерел, збільшення доступу до енергоресурсів, досягнення показників енергоефективності тощо. Разом із цим ними визнається, що реалізація того чи іншого сценарію переважно залежить від груп країн зі стрімким зростанням енергетичного попиту. Тому енергетичні цілі, що є технологічними за своєю суттю, набувають інституційного та геополітичного забарвлення, а сценарії потребують аналізу та моделювання з позицій політекономії енергетичних трансформацій.*

**Ключові слова:** енергетичні перетворення, ефективність енергетичної системи, енергетична політика.

*U.Pysmenna, PhD in Economics*

*Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine*

## CONCEPTUAL FOUNDATIONS FOR ANALYSIS AND MODELING OF GLOBAL ENERGY TRANSFORMATIONS

*The knowledge relating to institutional, economic and political aspects of the transformation of energy systems considerably falls behind from understanding of technical and cost aspects of such transformation. Global energy scenarios reflect climatic consequences, growing tension with energy supply of countries and regions, and also globalization and localization trends in the world energy system. The international centers of energy analysis and politics declare ambitious energy aims in relation to the achievement of the renewables share, increase of energy access, energy efficiency indexes etc. Together with it, they confess that the implementation of that or other scenario mainly depends on the groups of countries with the prompt increase of energy demand. Therefore energy aims that are technological on the essence take also the institutional and geopolitical tint, and the scenarios need analysis and forecasting from the positions of political economy of energy transitions.*

**Keywords:** energy transitions, energy system efficiency, energy policy

**JEL:** B41, F02, L94, L95, Q32, Q48

Пануюча з 2002 р. концепція стійкого розвитку від початку мала на меті підтримання з покоління у покоління якості та безпеки життя людей, забезпечення соціального прогресу та недопущення погіршення стану навколишнього середовища шляхом узгодження трьох головних компонентів стійкого розвитку суспільства – економічного, екологічного і соціального розвитку. Зокрема, узгодження економічного та екологічного можна досягти шляхом оцінки техногенного впливу на навколишнє середовище, екологічного і соціального – шляхом збереження для теперішнього і майбутніх поколінь однакових прав на використання природних ресурсів, соціального та економічного – шляхом досягнення справедливості при розподілі матеріальних благ<sup>1</sup>.

Проте на сучасному етапі можна твердити, що фактичне вирішення цієї трієдиної задачі відбувається за рахунок надання переваг економічному

компоненту. Цьому спричинило необхідність переходу до концепції "низьковуглецевої економіки", яка сформувалась на

базі світової політики з ініціативи клімату.

Залишаючи сторони науково обґрунтованість самої проблеми зміни клімату, варто зазначити, що на зрілості підвищення ефективності використання всіх видів ресурсів у економіці, пошук шляхів заміщення органічних палив для задоволення енергетичних потреб та скорочення вуглецевих викидів дали поштовх політиці ресурсо- та енергоефективності, а вона, у свою чергу, чинить позитивний вплив однаково на всі три компоненти – економічний, екологічний та соціальний.

Аналіз політекономії енергетичних трансформацій може здійснюватись як у прямому (на національному рівні – рівні країни), так і у зворотному напрямках. Прямий напрям є екзогенною, зворотний – ендогенною трансформацією. Чинником екзогенної трансформації виступає геополітика та енергетична політика, ендогенної трансфор-

<sup>1</sup>Згуровский М.З. Украина в глобальных измерениях устойчивого развития/ М.З. Згуровский// Зеркало недели. – 2006. – 20 мая. – №19.

мації – назрілі технологічні зміни, екологічний стан, дефіцит того чи іншого ресурсу.

Дослідженням концепції енергетичних трансформацій, або концепції зародження і розвитку технологій, займається Ф.Гілл<sup>2</sup>. Доцільно також враховувати концептуалізацію енергетичної безпеки та енергетичних трансформацій, закономірності між політиками та типами країн за допомогою дослідження кількісного зв'язку між статистичними параметрами системи та енергетичними трансформаціями (О.Черп, Дж.Джевелл)<sup>3</sup>, а також "культурний імунітет" до трансформацій та споживацьку поведінку – оцінку країн за Г.Хофстедом та кореляцію параметрів за Г.Хофстедом із макроекономічними індикаторами<sup>4</sup>.

Найчастіше первинним чинником енергетичної трансформації виступає енергетична політика, яка, у свою чергу, розглядається як компроміс інтересів глобальних гравців (країн, наднаціональних утворень або регіональних енергосистем). Отже, передбачається, що енергетична політика (energy policy), яка, за О.Кілієвичем, є "напрямом дій, який влада прийняла і якого дотримується"<sup>5</sup>, цілком і повністю визначається геополітикою, тобто закономірностями розподілу і перерозподілу сфер впливу різних держав і міждержавних об'єднань. Слід також врахувати і зростаючий вплив на енергетичну політику транснаціональних мереж управління із залученням недержавних дійових осіб. Дослідники вважають, що цей вплив надалі посилюватиметься та може набувати багатьох форм<sup>6</sup>.

Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) виділяє такі напрями розвитку світової енергетики: а) задоволення зростаючого світового попиту на енергію за зростаючими доходами і населенням країн, що розвиваються; б) забезпечення доступу до енергії для бідної частини населення планети; в) досягнення цілей у сфері протидії зміні клімату, зокрема впровадження відновлювальної енергетики<sup>7</sup>. Проте із посиленням інтеграційних процесів

ефективність реалізації енергетичними системами своїх функцій дедалі більше базується не на ефективності роботи у межах забезпечення економіки однієї країни, а на компромісі інтересів сукупності енергетичних систем та енергетичних ринків декількох країн, недержавних міждержавних або наддержавних інституцій. Отже, баланс інтересів учасників світового енергетичного ринку обумовлює зміни правил функціонування ринків і забезпечення колективної енергетичної безпеки.

Стратегії країн, що розвиваються, у частині забезпечення дешевими енергоресурсами для досягнення максимального зростання економіки протиставляється політика розвинених країн, спрямована на забезпечення безпеки енергопостачання та екологічної стабільності. Часто пропонують класифікації енергетичних уразливостей країн та регіонів, поділяючи їх на економічні, політичні, технічні та природні<sup>8</sup>. Процеси зміни регіональної структури світової енергетики супроводжуються збільшенням кількості країн, у яких обсяги забезпеченості власними енергоресурсами за видом палива менше 20% та/або стрімко знижуються. Вплив регіональних енергетичних диспропорцій на великі регіони та країни, що розвиваються, створює небезпечні процеси зростання залежності від енергетичного імпорту та посилення конкуренції. Тенденції забезпечення зростання попиту і стійкого імпорту енергоресурсів у світі, зростання і нестійкості ціни на всі види енергії представляють найбільшу загрозу економіці країн, що розвиваються. В результаті цих тенденцій нових ресурсних баз і транспортних потужностей змінюється географічна структура та правила функціонування енергетичних ринків світу: регіони видобування та споживання, стратегічні шляхи постачання енергоносіїв, диспаритет попиту і пропозиції, правові та організаційні засади функціонування ринків<sup>9</sup>.

Якісно оцінити енергетичні системи можна за низкою таких показників, як: щільність, мобільність, екологічний вплив, а кількісно – через структуру "паливної суміші" та інші показники<sup>10</sup>. Результуюча енергетична політика країни щодо кожного енергоресурсу може бути визначена динамікою набору великої кількості показників, як-от: структура енергогенерації за технологіями, обсяги інвестицій, обсяги субсидій, прибуток за

<sup>2</sup>Geels F.W. *Technological Transitions and System Innovations*. – Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2005.

<sup>3</sup>Черп А., Jewell J., Goldthau A. *Governing global energy: systems, transitions, complexity*. – Global Policy, 2011.

<sup>4</sup>Hofstede, Geert *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values* (2nd ed.). – Beverly Hills CA: SAGE Publications, 1984.

<sup>5</sup>Кілієвич О. Стосовно моделі держави у глобалізованому світі / О. Кілієвич, В. Юрчишин // Вісн. Укр. Академії держ. управління при Президенті України. – № 1. – С. 213–220.

<sup>6</sup>Черп, А., J. Jewell et al. In *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Chapter 5 – Energy and Security / Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis. – Laxenburg, Austria, 2012. – P. 325–384.

<sup>7</sup>World Energy Outlook 2012: Основные положения [Електронний ресурс] / The official site of IEA. – Доступний з : <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Russian.pdf>

<sup>8</sup>Alhajji, A. *What Is Energy Security? Economic, Environmental, Social, Foreign Policy, Technical and Security Dimensions* // Oil, Gas & Energy Law Intelligence. – 2008. – Vol. 3.

<sup>9</sup>Потапенко В.Г. Організаційно-економічні механізми формування балансу інтересів в енергетичній сфері України / В.Г.Потапенко, П.З.Подолець, В.В.Мухін // Ефективна економіка. – 2013. – № 11.

<sup>10</sup>Araujo Kathleen. *The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities* // Energy Research & Social Science. – March 2014. – Vol. 1. – Pp. 112–121.

видами діяльності, розмір ренти, наявність бар'єрів тощо, проте це вкрай ускладнює аналіз. Тому вбачається за доцільне звести їх до трьох основних показників:

- попит на  $i$ -й енергоресурс  $D_i$ ;
- ціна на  $i$ -й енергоресурс  $P_i$ ;
- ефективність перетворення  $i$ -го енергоресурсу  $E_i$ , що визначається відношенням відповідних показників енергетичного балансу країни-гравця, оскільки припускаємо, що будь-який захід енергетичної політики можливо так чи інакше звести до впливу на ці три основні показники.

Так, наприклад, такий захід політики, як протидія зміні клімату (V1): обмеження викидів → необхідність придбання квот на викиди спалюваними установками → зростання собівартості електроенергії, що виробляється з викопних видів палив; → зростання ціни на електроенергію → зменшення попиту на електроенергію → зростання ефективності перетворення енергетичних ресурсів.

Упровадження високоефективних вугільних енерготехнологій (V2): зростання ефективності перетворення вугілля → збільшення попиту на вугілля (парадокс Джевонса) → зменшення ціни на електроенергію.

Сприяння створенню віртуальних електростанцій, що поєднують різні типи переважно відновлювальних джерел енергії (V3): формування рівномірної кривої завантаження енергогенеруючих потужностей → формування зваженої ціни на електроенергію з відновлювальних джерел → розширення використання відновлювальних джерел.

Отже, оптимальну енергетичну стратегію країни (результуючу енергетичну політику) можна представити як сукупність  $i$  векторів енергетичних політик (поле енергетичних політик  $m$ -ої країни) за

$i$ -м енергоресурсом  $\overline{POL}_{im} = \{(D_{im0}; P_{im0}; E_{im0}); (D_{im1}; P_{im1}; E_{im1})\}$  для досягнення компромісу інтересів країн при максимізації її інтегральної ефективності.

Визначаються гравці – групи країн за геополітичною, гео економічною ознаками. Для кожної групи країн визначається стратегія як поле векторів

$\overline{POL}$ , що визначається сукупністю векторів стратегій цієї групи країн за кожним  $i$ -м енергоресурсом. Кожний вектор стратегії за  $i$ -м енергоресурсом

$\overline{POL}_{im}$  задається двома точками у системі координат  $\{D; P; E\}$  (попит на енергоресурс (кінцеве споживання); ціна енергоресурсу; ефективність перетворення енергоресурсу). Нульова точка відповідає статус-кво, точка 1 – кінцевим значенням як результату стратегії.

Таким чином під енергетичною трансформацією розуміється таке якісне перетворення енергетичної системи, яке спричиняє суттєву зміну век-

тора  $\overline{POL}_i$ . Ступінь суттєвості зміни передбачається визначити у результаті дослідження кількісного зв'язку між статистичними параметрами енергетичної системи та енергетичними трансформаціями.

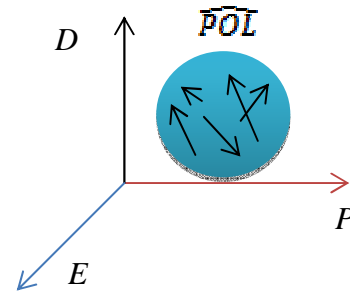


Рис. 1. Поле векторів енергетичної стратегії групи країн

Джерело: побудовано автором.

Вектори енергетичних політик можуть стати вхідними параметрами енергетичних трансформацій для моделі TIMES-Україна, за допомогою якої оцінюються та прогнозуються впливи і наслідки енергетичних трансформацій на енергетичну та економічну системи України та відповідні їм заходи енергетичної політики  $V_1, V_2, \dots, V_n$ .

Отже, за допомогою моделі TIMES або іншої аналогічної внутрішньокраїнної моделі розраховується вплив стратегії  $\overline{POL}$  на енергетичну систему. Вплив є вектором інтегральної ефективності  $\overline{IEF}$ , що задається двома точками у системі координат  $\{EF; AV; SUS\}$  (ефективність енергосистеми; доступність енергоресурсів; сталість енергосистеми). Нульова точка відповідає статус-кво, точка 1 – кінцевим значенням як результату стратегії.

$$\overline{IEF} = \{(EF_0; AV_0; SUS_0); (EF_1; AV_1; SUS_1)\} \quad (1)$$

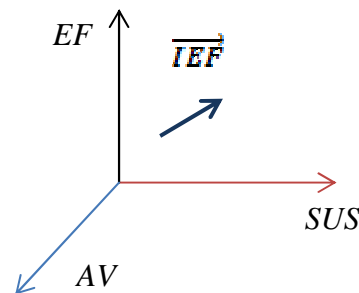


Рис. 2. Вектор інтегральної ефективності енергетичної системи

Джерело: побудовано автором.

Результуюча енергетична політика та політична динаміка країни-гравця може визначатися на основі теорії ігор із пошуком компромісу інтересів глобальних гравців (рівноваги за Нешем, тобто таку стратегію однієї групи країн (або поєднання стратегій двох груп), за якої не має значення, що за стратегію обирають інші групи країн) із урахуванням коефіцієнтів приналежності до геополітичної групи та переважного виду діяльності в енергетич-

ній сфері (матриця), та коефіцієнтів базових культурних цінностей. Тобто для інших груп країн доміантною групою (групами у змові) задається результат політики як діапазон інтегральної ефективності. Далі необхідно застосувати (розподілити) результат серед країн – членів групи.

За *виграш країни-гравця* пропонується прийняти не кількісні здобутки (наприклад, прибуток, як зазвичай), а сукупність кількісних, якісних та вартісних параметрів енергетичної системи, за допомогою якої можна описати інтегральну ефективність енергетичної системи країни-гравця. *Інтегральну ефективність енергетичної системи країни-гравця* як спосіб виміру виграшу в геополітичній грі пропонуємо визначати як вектор у системі координат економічної ефективності, доступності енергоресурсів і сталості (екологічний та ресурсоефективний аспект).

За своєю суттю економічна ефективність є "комплексною (інтегральною) оцінкою успішності розвитку (функціонування) господарської системи будь-якого рівня та визначається сукупністю кількісних та якісних показників", що визначають комерційну, бюджетну, соціальну, технологічну, виробничу та інші види ефективності<sup>11</sup>.

Коли говорять про ефективність ринків, мають на увазі їхню результативність. Існує декілька підходів до її визначення: за обсягом ринку через порівняння з моделлю ідеального інституційного устрою, через порівняння з альтернативною моделлю (близько до оцінки ефективності політики) та через величину трансакційних витрат. За методологією ОЕСР<sup>12</sup> величина трансакційних витрат ринку (країни) визначається як різниця між довгостроковим виробничим потенціалом ринку (країни) та поточним обсягом виробництва на ринку (в країні).

О.Сухарев пропонує вважати виміром ефективності (адаптивної) системи ступінь розширення або звуження її дисфункційності<sup>13</sup>. Однак такий вимір недоцільно застосувати при аналізі ефективності енергосистем, оскільки він не враховує екстернальних ефектів (сталості).

Ефективність ринку прийнято оцінювати за допомогою величини трансакційних витрат. Проте з посиленням інтеграційних процесів ефективність реалізації ринками своїх функцій дедалі більше базується не на ефективності роботи ринків у межах забезпечення економіки однієї країни, а на компромісі інтересів сукупності ринків декількох країн та недержавних міждержавних або наддержавних інституцій. Стабільність і надійність функціонування ринків стає другим і третім критерієм оцінки. І вже далі йдуть усі інші критерії, за якими

прийнято оцінювати ефективність ринків. Назрів перехід до розгляду функціонування ринків не лише з позицій економічного зростання, а комплексно, з урахуванням так званих екстерналій: екологічних, соціальних, ресурсних тощо, за рахунок яких таке зростання відбувається.

Вартісна природа оцінки ринків несе ризики помилки, оскільки не враховується багато факторів, зокрема, ціновий диспаритет, диспаритет у квазіренті між різними видами економічної діяльності (або між різними ринками). Наразі неповною є оцінка результативності розподілу ресурсів, або оцінка алокативної (ресурсної) ефективності, не кажучи вже про адаптивну (внесок у перспективу).

Якщо говорити про економічну систему, то неповнота оцінки її ресурсної ефективності, що не враховує екологічної складової, ефективності використання основного ресурсу економіки, використання продуктивного потенціалу покоління, звужує оцінку алокативної ефективності економічної системи до ефективності використання економікою деяких видів матеріальних ресурсів або ж узагалі до технологічної ефективності виробничих процесів і не оцінює баланс ресурсів, котрі залишаються для майбутнього. Адже рівень адаптивної ефективності тісно пов'язаний з успішністю закладення економічного потенціалу на середньо- та довгострокову перспективу. Тому постає завдання оцінки ефективності енергетичної системи як сукупності критеріїв досягнення компромісу інтересів, стабільності та надійності ринків.

Отже, вектор інтегральної ефективності енергетичної системи  $\overrightarrow{IEF} = \{(EF_0; AV_0; SUS_0); (EF_1; AV_1; SUS_1)\}$  пропонуємо визначати таким чином:

$EF_0; EF_1$  – економічною ефективною енергосистеми до та після трансформації (реалізації стратегії). Описується зміною економічних показників роботи енергосистеми під дією зміни параметрів стратегії D, P та E;

$AV_0; AV_1$  – доступністю енергоресурсів до та після трансформації (реалізації стратегії). Описується рівнем диверсифікованості постачання за кожним енергоресурсом та рівнем надійності джерела постачання, або параметром, що є оберненим до уразливості;

$SUS_0; SUS_1$  – сталістю енергосистеми до та після трансформації (реалізації стратегії). Описується рівнем екологічного відбитку та рівнем ресурсоефективності.

Тож при оптимізації стратегії енергетичної політики варто враховувати:

*А. Приналежність країни-гравця до групи країн зі спільними геополітичними інтересами, що визначатиме її енергетичну політику і стратегію.* Для врахування такої приналежності вбачаємо за доцільне використати матричний поділ країн за першорядними напрямками забезпечення колективної енергетичної безпеки, які сконцентровано на трьох основних групах країн та регіонів за переваж-

<sup>11</sup> Сухарев О. Теория эффективности экономики / О. Сухарев. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 368 с. – С. 40.

<sup>12</sup> Україна. Економічна оцінка / ОЕСР. – 2007. – 447 с. – С. 72.

<sup>13</sup> Сухарев О. Теория эффективности экономики. – С. 91.

ним видом діяльності – виробники (нетто-експортери), споживачі (нетто-імпортери) та країни – транзитери паливно-енергетичних ресурсів і на трьох основних групах країн за геополітичною приналежністю. Тут треба врахувати об'єктивну неоднорідність країн за переважним видом енергетичної діяльності (нетто-експортери, імпортери, транзитери), а також за різними базовими культурними цінностями, які визначають споживацьку культуру, прагнення до енергоефективності, відкритість до нових енергетичних технологій тощо. Для цього варто побудувати матрицю коефіцієнтів балансу інтересів (групи країн за переважним видом енергетичної діяльності, країни за геополітичним групуванням) та культурну матрицю (групи країн за базовими культурними цінностями).

*Б. Приналежність країни-гравця до групи країн за базовими культурними цінностями, що визначають або споживацьку культуру, або прагнення до енергоефективності, або відкритість новим енергетичним технологіям тощо.*

Для врахування такої приналежності вбачаємо за доцільне використати підхід Г.Хофстеде (за показниками: дистанція влади, індивідуалізм/колективізм, маскуліність/фемініність, уникання невизначеності, довготермінова/короткотермінова орієнтація та потурання звичкам/стриманість), здійснені ним та іншими дослідниками кількісні канонічні виміри країн (базу даних індексів), відповідне групування країн та кореляцію з макрпоказниками (ВВП на душу населення, індекс гло-

бальної конкурентоспроможності, індекс людського розвитку, індекс скоригованих чистих накопичень, шість WorldwideGovernanceIndicators, що відображають інтегральні суб'єктивні сприйняття традицій та інституцій здійснення влади у суспільстві, та декілька індикаторів окремих аспектів розвитку: міри розшарування – частка населення за межею бідності та індекс Джині; рівень освіти, її розвитку і використання науки у виробництві, рівень залучення до вищої освіти і державних витрат на освіту, а також частка працівників у НДДКР; а також рівень здоров'я і його підтримка – загальна очікувана тривалість життя і частка витрат на охорону здоров'я).

Перехід до функціонування ринків не лише з позицій економічного зростання, а й з урахуванням екстерналій, привів до потреби у підвищенні ефективності використання всіх видів ресурсів у економіці, пошуку шляхів заміщення органічних палив для задоволення енергетичних потреб і скорочення вуглецевих викидів, що дало поштовх енергетичним трансформаціям. Чинником екзогенних енергетичних трансформацій виступає геополітика та енергетична політика, ендегенних – назрілі технологічні зміни, екологічний стан, дефіцит ресурсів. Прогнозування природи і напрямку трансформацій неможливе без урахування геополітичних інтересів та геоекономічних відмінностей між країнами.