

Володимир Омелянович КАПУСТЯН

доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри математичного моделювання економічних систем,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна,
E-mail: kafedra@mses. ntu-kpi. kiev.ua
Телефон: +380444068636

Максим Григорович ЧЕПЕЛЄВ

аспірант, молодший науковий співробітник,
відділ секторальних прогнозів та кон'юнктури ринків,
сектор прогнозування розвитку ПЕК,
Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України»
вул. Панаса Мирного, 26, м. Київ, 01011, Україна,
E-mail: chepeliev@ief.org.ua
Телефон: +380442808927

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЛІДКІВ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ СУБСИДІЙ: ПРИНЦИП АДЕКВАТНОСТІ**

Капустян, В. О. Економіко-математичне моделювання наслідків енергетичних субсидій: принцип адекватності [Текст] / Володимир Омелянович Капустян, Максим Григорович Чепелєв // Економічний аналіз : зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: В. А. Дерій (голов. ред.) та ін. – Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2014. – Том 15. – № 1. – С. 86-100. – ISSN 1993-0259.

Анотація

У роботі запропоновано підхід до дослідження адекватності економіко-математичного інструментарію, що використовується для оцінки наслідків субсидювання в енергетичному секторі: моделей загальної рівноваги, часткової рівноваги та міжгалузевого балансу. Аналіз адекватності здійснюється за двома основними напрямками: якісний (гносеологічний) та кількісний (праксеологічний). У процесі перевірки якісної адекватності, у статті вивчаються структура внутрішніх зв'язків об'єкта дослідження та можливості представлення основних характеристик об'єкта аналізованим модельним інструментарієм у межах поставленої економічної задачі. З цією метою використовується адаптована структурна схема наслідків субсидювання в енергетичному секторі, на базі якої здійснюється порівняння можливостей досліджуваних моделей стосовно відображення ключових характеристик процесів субсидювання. Виходячи з властивостей аналізованих економіко-математичних моделей та враховуючи особливості предметної області, запропоновано три основні напрями перевірки кількісної адекватності: порівняння ретроспективних даних та результатів розрахунків; порівняння ретроспективних даних та результатів функціонування окремих елементів модельного інструментарію; та оцінка на основі ретроспективних даних величин екзогенних параметрів моделі. У контексті окреслених напрямів у роботі здійснено критичний аналіз можливостей модельного інструментарію щодо задоволення визначених критеріїв праксеологічності. За результатами кількісного та якісного аналізу адекватності модельного інструментарію оцінки наслідків субсидювання в енергетичному секторі певний пріоритет у межах визначених критеріїв можна віддати обчислюваним моделям загальної рівноваги, які більш повно відображають ключові елементи об'єкта дослідження та мають кращі можливості емпіричного калібрування. Водночас потужніша множина екзогенних змінних моделей цього типу зумовлює необхідність висування додаткових припущень щодо значень цих параметрів і, як наслідок, призводить до збільшення кількості альтернативних сценаріїв та зростання рівня невизначеності отриманих точкових оцінок. Наведений у роботі підхід до вивчення адекватності модельного інструментарію може використовуватись не лише з метою обґрунтування вибору методів дослідження, а і в якості окремого інструменту аналізу, спрямованого на поглиблення розуміння властивостей об'єкта та предмета дослідження в контексті визначених цілей.

Ключові слова: енергетичні субсидії; якісна адекватність; кількісна адекватність; обчислювані моделі загальної рівноваги; моделі міжгалузевого балансу; моделі часткової рівноваги.

**Владимир Емельянович КАПУСТЯН
Максим Григорьевич ЧЕПЕЛЕВ**

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СУБСИДИЙ: ПРИНЦИП АДЕКВАТНОСТИ

Анотація

В работе предложен подход к исследованию адекватности экономико-математического инструментария, используемого для оценки последствий субсидирования в энергетическом секторе: моделей общего равновесия, частичного равновесия и межотраслевого баланса. Анализ адекватности осуществляется по двум основным направлениям: качественный (гносеологический) и количественный (праксеологический). В процессе проверки качественной адекватности, в статье изучается структура внутренних связей объекта исследования, а также возможности представления основных характеристик объекта анализируемым модельным инструментарием в рамках поставленной экономической задачи. С этой целью используется адаптированная структурная схема последствий субсидирования в энергетическом секторе, на основании которой осуществляется сравнение возможностей исследуемых моделей на предмет отражения ключевых характеристик процессов субсидирования. Исходя из свойств анализируемых экономико-математических моделей и учитывая особенности предметной области, предложено три основных направления проверки количественной адекватности: сравнение ретроспективных данных и результатов расчетов; сравнение ретроспективных данных и результатов функционирования отдельных элементов модельного инструментария; а также оценка на основании ретроспективных данных величин экзогенных параметров модели. В контексте выделенных направлений в работе представлен критический анализ возможностей модельного инструментария относительно удовлетворения определенных критериев праксеологичности. По результатам количественного и качественного анализа адекватности модельного инструментария для оценки последствий субсидирования в энергетическом секторе, определенный приоритет в рамках выделенных критериев можно отдать вычислимым моделям общего равновесия, которые полнее отражают ключевые элементы объекта исследования и имеют лучшие возможности эмпирической калибровки. В то же время более мощное множество экзогенных переменных моделей этого типа обуславливает необходимость выдвижения дополнительных предположений относительно значений этих параметров и, как следствие, приводит к увеличению количества альтернативных сценариев и росту уровня неопределенности полученных точечных оценок. Представленный в работе подход к изучению адекватности модельного инструментария может использоваться не только с целью обоснования выбора методов исследования, но и в качестве отдельного инструмента анализа, направленного на углубление понимания свойств объекта и предмета исследования в контексте поставленных задач.

Ключевые слова: энергетические субсидии; качественная адекватность; количественная адекватность; вычисляемые модели общего равновесия; модели межотраслевого баланса; модели частичного равновесия.

Volodymyr Omelyanovych KAPUSTIAN

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Head of the Department of Mathematical Modelling for Economic Systems,
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»,
prosp. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine
E-mail: kafedra@mSES.ntu-kpi.kiev.ua
Phone: +380444068636

Maksym Hryhorovych CHEPELIEV

PhD Student,
Associate Researcher,
Department of Sectoral Forecasts and Activity of the Markets, Section of Energy Sector Forecasting,
State Institution "Institute of Economics and Forecasting of NAS of Ukraine",
Panas Myrnyi, 26, Kyiv, 01011, Ukraine
E-mail: chepeliev@ief.org.ua
Phone: +380442808927

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF ENERGY SUBSIDIES EFFECTS: PRINCIPLE OF VALIDITY

Abstract

This article presents an approach to the validity investigation of the economic models that are used for the energy subsidies impact assessment: general equilibrium, partial equilibrium and "input-output" models. Validity analysis is performed for two key directions: qualitative (epistemological) and quantitative (praxiological). In the process of qualitative validity study, this paper investigates internal connections' structure of the studied object as well as possibilities of key object features representation using analyzed modelling tools within the given economic problem. For this purpose, an adapted structural diagram, which represents energy subsidies effects, is applied. On the basis of this diagram adopted models features are compared with respect to the subsidization processes key features representation. Taking into consideration properties of the adopted models, as well as special aspects of the subject area, three main fields of the epistemological validity expertise are suggested: comparison of historical data and calculation results; comparison of historical data and modelling tools single elements activity; and exogenous parameters estimation based on the historical data. In the context of selected fields, critical analysis of modelling tools opportunities to meet determined quantitative validity criteria is performed. Considering results of represented models qualitative and quantitative validity analysis, a certain priority, within defined criteria, may be given to general equilibrium modelsthat represent key elements of the studied subject in a more complete way and have better features for empirical calibration. Meanwhile, powerful set of the aforementioned models' exogenous variables induces the necessity to nominate additional assumptions about parameters' values and, consequently, leads to an increase in the number of alternative scenarios and uncertainty of point estimates. Presented in this paper approach to the modeling tools adequacy study cannot only be used for the research methods selection justification but also as a separate analysis tool aimed at deepening the understanding of studied object and subject properties within predefined goals.

Keywords: energy subsidies; qualitative adequacy; quantitative adequacy; computable general equilibrium models; input-output models; partial equilibrium models.

JEL classification: C6, Q4

Вступ

Обравши в якості підходу до вивчення економічного процесу або явища математичне моделювання, дослідник постає перед проблемою вибору модельного інструментарію. Виникає задача оцінки адекватності моделей у контексті відповідності реальному економічному об'єкту, яка часто викликає значні труднощі та виступає предметом як конструктивної, так і деструктивної критики [1]. Водночас значна частина теоретичних та прикладних досліджень оминають це питання, зосереджуючи основну увагу на результатах економіко-математичного моделювання та(або) удосконаленні інструментарію за умови апріорного вибору останнього. У деяких випадках такий підхід обумовлений контекстом аналізу і може вважатись виправданим. Утім інколи така ситуація викликана недооцінкою корисності процесу перевірки адекватності, який має на меті не лише обґрунтування вибору інструментарію, а і поглиблення розуміння об'єкта та предмета дослідження в контексті визначених цілей.

Одним з напрямів досліджень, для якого питання аналізу адекватності модельного інструментарію залишаються недостатньо вивченим, виступає оцінка наслідків субсидювання в енергетичному секторі. Більшість публікацій з цього питання мають прикладний характер, відтак вибір інструментарію фактично здійснюється апріорно [2; 4; 5; 6; 9; 10; 11]. Водночас у дослідженнях теоретико-методологічного характеру порівняння та аналіз підходів здійснюється без використання чітко визначених критеріїв [7; 8], що не дозволяє сформулювати надійні оціночні судження стосовно відносної адекватності використовуваних моделей та методів.

Актуальним у цьому контексті видається адаптація та імплементація існуючих підходів до аналізу адекватності модельного інструментарію для дослідження наслідків політики субсидювання в енергетичному секторі. Зазначимо, що в роботі не ставиться за мету перевірка адекватності конкретних економіко-математичних моделей або розробка числових(аналітичних) критеріїв, які б дозволили визначити ступінь відповідності прикладної моделі аналізованим процесам, основна увага в дослідженні зосереджується на рівні класів моделей та їх типових представників.

Мета статті та завдання

Метою нашої роботи виступає розробка та прикладна реалізація підходу до дослідження адекватності економіко-математичного інструментарію, що використовуються для оцінки наслідків субсидювання в енергетичному секторі.

Для досягнення цієї мети вирішуються такі завдання: визначити множину модельних засобів, які виступатимуть предметом аналізу; адаптувати існуючі теоретико-методологічні підходи для дослідження адекватності визначеного модельного інструментарію; здійснити реалізацію розробленого підходу з метою аналізу адекватності модельних засобів.

Виклад основного матеріалу

Неоднозначність та універсальність терміна «адекватність» вимагає його уточнення в контексті нашого дослідження. Вслід за роботою [Помилка! Невідомий аргумент ключа., с. 184-185] будемо виділяти *власне адекватність* моделі (якісна адекватність – відповідність відображення і моделі, структури і механізмів функціонування економічної системи) і *праксеологічність* (кількісна адекватність – можливість використання моделі для прикладних досліджень – прогнозування, керування тощо). Адаптований у роботі підхід до аналізу адекватності модельного інструментарію можна поділити на дві частини:

- перевірка якісної адекватності – вивчаються структура внутрішніх зв'язків об'єкта дослідження та можливості представлення основних характеристик об'єкта аналізованим модельним інструментарієм у контексті поставленої економічної задачі.
- перевірка кількісної адекватності – враховуючи характеристики досліджуваних моделей, визначаються ключові напрями перевірки праксеологічності та здійснюється критичний аналіз можливостей модельного інструментарію щодо задоволення визначених критеріїв кількісної адекватності.

У процесі вибору інструментарію, який виступатиме предметом аналізу на якісну та кількісну адекватність, основним критерієм виступала поширеність використання відповідного типу моделей у прикладних дослідженнях визначеної тематики. Проведений огляд публікацій показав, що до шуканої множини слід внести: обчислювані моделі загальної рівноваги (ОМЗР), моделі міжгалузевого балансу (МГБ) та моделі часткової рівноваги (МЧР) (табл. 1).

У процесі аналізу якісної адекватності моделі необхідним кроком виступає вивчення структури внутрішніх зв'язків об'єкта дослідження. За своєю суттю економіко-математична модель не може відображати всі властивості досліджуваного процесу або явища, а в силу об'єктивних причин¹ модельний інструментарій навіть рідко відображає весь набір ключових характеристик. Відтак і перевірка адекватності має здійснюватись, виходячи з цілей дослідження та розв'язуваної економічної задачі. У цьому контексті важливо визначити шляхи впливу процесів субсидювання в енергетичному секторі на основних економічних агентів. Як показав аналіз, їх можна звести до чотирьох напрямів², які прямо чи опосередковано зумовлюють основні соціальні, економічні та екологічні наслідки

¹ Мається на увазі складність досліджуваного об'єкта.

² Наведено ключові (першочергові) наслідки. Наприклад, використання механізму перехресного субсидювання в електроенергетиці спрямованого на збільшення реального рівня доходів д/з супроводжується збільшенням граничних витрат енергоінтенсивних виробництв, а занижені тарифи на природній газ поряд зі збільшенням граничної корисності доходів споживачів призводять до зменшення граничних доходів НАК «Нафтогаз». Водночас, основним напрямом впливу обох заходів субсидювання вважається зростання граничної корисності доходів д/з, а решта наслідків виступають похідними.

субсидювання (рис. 1):

а) *Збільшення граничних доходів.* До таких наслідків призводить, наприклад, встановлення державою тарифів на закупівлю електроенергії, виробленої вітровими, сонячними та малими гідроелектростанціями, вище середнього ринкового рівня.

б) *Зниження граничних витрат* може відбутися через встановлення занижених ставок податків та зборів на викиди шкідливих речовин (метану, діоксиду вуглецю тощо), пільгового кредитування або преференційного оподаткування виробників, в результаті чого зменшується собівартість виробленої продукції.

в) *Зростання граничної корисності доходів споживачів.* Відбувається в результаті використання знижок за податком на додану вартість (ПДВ), акцизами, встановлення занижених цін¹ на енергоресурси, що призводить до зростання рівня реального доходу споживачів.

г) *Збільшення прибутку (зменшення збитку) виробників.* До цього напряму належать прямі грошові трансферти збитковим вугледобувним підприємствам, прямі грошові трансферти енергогенеруючим компаніям тощо.

Таблиця 1. Підходи до моделювання наслідків субсидювання в енергетичному секторі*²

Характеристика	ОМЗР	МГБ	МЧР
1	2	3	4
Емпірична база моделі	Таблиця «витрати-випуск»(ТВВ), ці системи національних рахунків (СНР) щодо транзакцій між економічними агентами, величини еластичностей заміщення та трансформації	ТВВ, для деяких варіантів – цінові еластичності та дані СНР	Величини цінових еластичностей, обсяги попиту та пропозиції продукції на досліджуваному ринку (ринках)
Можливість побудови динамічної моделі	+	+	+
Репрезентація енергетичного сектору	Агреговано до рівня представлення в ТВВ ³	Агреговано до рівня представлення в ТВВ	Один або декілька досліджуваних ринків
Репрезентація решти секторів	Агреговано до рівня представлення в ТВВ	Агреговано до рівня представлення в ТВВ	-
Репрезентація домо-господарств (д/г)	Окрема група економічних агентів, що максимізують корисність	Фіксована структура споживання д/г	Безпосередньо не представлені
Репрезентація сектору державного управління	Окрема група економічних агентів, що максимізують корисність	Фіксована структура споживання сектору державного управління	Безпосередньо не представлені
Репрезентація інвестиційних товарів	У вигляді окремого виробничого блоку з можливістю заміщення між товарами	Відсутні або задані екзогенно	Безпосередньо не представлені
Врахування транзакцій між економічними агентами	Між усіма представленими в моделі	Представлені частково	Враховано частково в межах досліджуваних ринків

¹ Нижче економічно обґрунтованого рівня.

² Наведені властивості стосуються фактичних моделей, репрезентованих у публікаціях, при зіставленні не розглядалися можливості удосконалення методології, створення нових класів моделей, використання інтегрованих підходів, безпосередньо не досліджених у роботах та апробованих при емпіричних дослідженнях.

³ За додаткових припущень можливе поглиблення рівня галузевої дезагрегації.

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Врахування процесів заміщення між видами продукції	Враховується заміщення між усіма видами продукції через екзогенно задані значення еластичностей заміщення та трансформації	Не враховуються. Припускаються сталі (екзогенно задані) структури виробництва, споживання, заощадження, експорту, імпорту.	Враховано частково в межах досліджуваних ринків
Врахування впливу на світові ціни	Через блоки експорту та імпорту	Безпосередньо не представлено	Безпосередньо не представлено
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> – враховується структура виробництва в економіці; – відображено зв'язки між основними економічними агентами та враховано інтереси кожного з них; – економіка описується як цілісна система, тобто зміна параметрів діяльності одного агента впливає на наслідки дій інших; 	<ul style="list-style-type: none"> – прозора емпірична основа; – простота реалізації; – врахування основних міжгалузевих зв'язків; – – 	<ul style="list-style-type: none"> – доступність високого рівня дезагрегації; – відносна простота реалізації;
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> – відносно слабка емпірична обґрунтованість; – висока чутливість результатів до величин екзогенних параметрів (еластичностей заміщення та трансформації); 	<ul style="list-style-type: none"> – відносно слабка емпірична обґрунтованість; – не враховуються процеси заміщення; – не враховано трансферти між деякими групами економічних агентів; 	<ul style="list-style-type: none"> – відносно слабка емпірична обґрунтованість; – не враховуються міжгалузеві зв'язки та економічні ефекти для інших секторів; – висока чутливість результатів до значень цінових еластичностей;

*Складено авторами на основі [2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13]

Для аналізу якісної адекватності моделей не існує універсальних критеріїв, цю процедуру не завжди можна формалізувати, а на перший план часто виступає суб'єктивне ставлення дослідника. Як уже зазначалося, передумовою цього є навіть не стільки унікальність досліджуваного об'єкта, скільки самої розв'язуваної економічної задачі, що зумовлює необхідність визначення ключових елементів, які мають бути відображені в моделі. При цьому слід зауважити, що часто для пояснення і передбачення структури та(або) поведінки складної системи можлива побудова декількох рівноцінних моделей, тобто виконується «принцип множинності моделей» [15, с. 71]. У такому випадку в результаті порівняння адекватності моделей для розв'язання певної задачі не вдасться виявити найкращу або в процесі її визначення будуть домінувати суб'єктивні переваги дослідника, що також не можна недооцінювати.

У табл. 2 наведено порівняння можливостей досліджуваних моделей стосовно відображення ключових характеристик процесів субсидіювання в енергетичному секторі. І хоча певний пріоритет за результатами цього аналізу можна надати ОМЗР, які більш повно відображають елементи структурної схеми наслідків субсидіювання в енергетиці, така перевага забезпечується більшою кількістю екзогенних параметрів (порівняно з МЧР та МГБ), а відтак, необхідністю висунування додаткових припущень щодо значень цих параметрів і, як наслідок, збільшенням множини можливих сценаріїв та зростанням рівня невизначеності отриманої точкової оцінки.

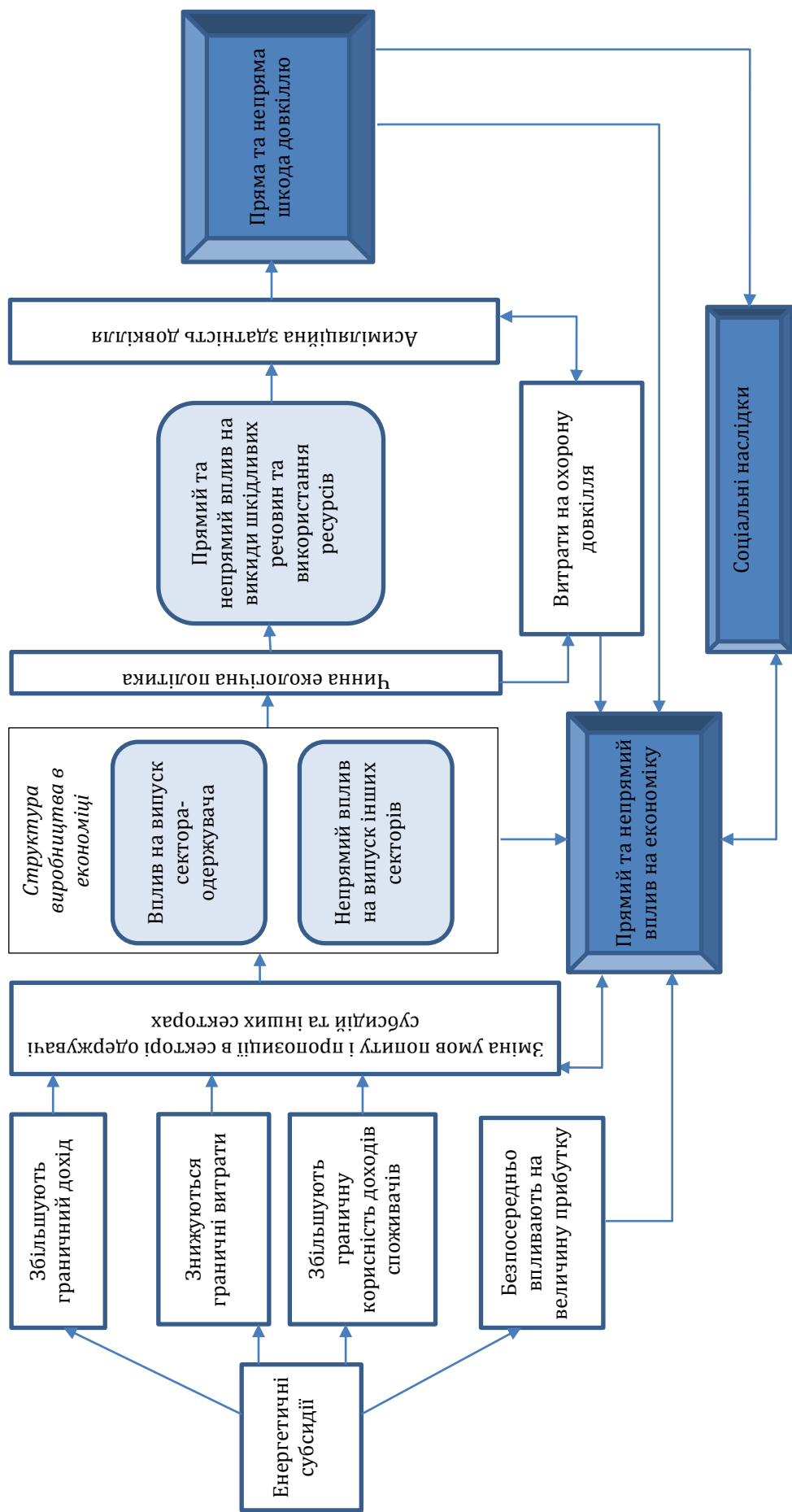


Рис. 1. Структурна схема наслідків субсидіювання в енергетичному секторі*

*Складено авторами з використанням [8, Р. 29;14, Р. 9]

Таблиця 2. Відповідність модельного інструментарію елементам структурної схеми наслідків субсидіювання в енергетичному секторі*

Характеристика	ОМЗР	МГБ	МЧР
1	2	3	4
Зміна рівня граничних витрат	Врахована в моделі через функцію одиничних витрат, яка показує залежність витрат на виробництво одиниці продукції від цін факторів виробництва.	Функції граничних доходів та витрат безпосередньо не представлені. Зміна рівня цін впливає на поведінку виробників через додаткові припущення щодо зміни вартості випуску або формується під впливом попиту через врахування цінових еластичностей, які показують реакцію кінцевих споживачів на зміну цін.	Безпосередньо не представлені. Пропозиція припускається рівна попиту, який змінюється в результаті встановлення нового рівня цін, таким чином формується поведінка виробників. У деяких моделях функції попиту та пропозиції закладаються окремо. Загалом відомі лише ціни продажу продукції, які можна припускати рівними граничним витратам.
Зміна рівня граничного доходу	Враховується через функцію оптимального попиту споживачів, величина якого змінюється в результаті встановлення нових цін та зміни вартості проданих товарів та послуг (дохід виробників).	Функції корисності для д/г безпосередньо не представлені. Оцінка впливу зміни цін на кінцевий споживчий попит вимагає висування додаткових припущень, зокрема, для визначення нових обсягів споживання продукції.	Побудова функцій корисності споживачів не передбачається. Це зумовлено відсутністю всієї потрібної інформації та необхідністю висування припущень щодо зміни цін та обсягів споживання нерепрезентованої в моделі продукції.
Зміна величини корисності доходів домогосподарств	Д/г намагаються максимізувати корисність від споживання продукції та заощаджень. Зміна рівня цін призводить до зміни структури та обсягів споживання населення, а відтак і рівня корисності.	Можна оцінити за різних припущень. Наприклад, за знайдених нових обсягів кінцевого споживання д/г, припускаючи незмінними коефіцієнти прямих витрат, знайти обсяги випуску та проміжного споживання. Або за припущення незмінності величини сукупного випуску оцінити нові секторальні обсяги випуску і знайти величину проміжного споживання.	На основі функціональних залежностей між обсягами споживання продукції та цінами оцінюються нові величини попиту та пропозиції, зумовлені зміною рівня цін. У моделі не представлено зміни рівня попиту та пропозиції на інших ринках (в інших секторах).
Зміна рівня попиту і пропозиції в секторі одержувачів субсидій та інших секторах	Зміна цін на енергоресурси для відповідних категорій споживачів призводить до встановлення нових рівнів попиту та пропозиції як на ринку-реципієнті, так і на ринках інших товарів та послуг.		

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Зміна структури виробництва в економіці	Зміна величин попиту та пропозиції продукції проміжного та кінцевого споживання на всіх аналізованих ринках призводить до зміни структури виробництва та використання продукції.	Під впливом зміни рівня цін змінюють обсяги випуску, водночас структура проміжного споживання (коефіцієнти прямих витрат, технологічна матриця) залишається незмінною.	Змінюються обсяги виробництва продукції, репрезентованої в моделі галузі (галузей). Інструментарій не надає можливості оцінки зміни структури виробництва в економіці загалом.
Вплив на викиди шкідливих речовин та використання ресурсів	Розраховуються через коефіцієнти питомих викидів шкідливих речовин та використання ресурсів при виробництві продукції, які задаються екзогенно.		Оцінюються викиди та використання ресурсів лише аналізованого сектору (секторів).
	Розраховуються викиди та використання ресурсів для всіх галузей економіки (за заданого рівня дезагрегації)		
Шкода довкіллю	У моделях усіх трьох типів вплив на довкілля оцінюється через зміну обсягів викидів шкідливих речовин. При цьому використовуються коефіцієнти перерахунку шкоди (у вартісному вираженні), якої завдають викиди одиниці обсягу певної шкідливої речовини.		
	Враховуються міжгалузеві ефекти та зміна обсягів викидів усіх галузей економіки (за заданого рівня дезагрегації)		Оцінки стосуються лише досліджуваного ринку (ринків)
Асиміляційна здатність	Враховується при оцінці вартісної шкоди питомих викидів шкідливих речовин		
Прямий та непрямий вплив на економіку	Зміна відносних цін впливає на рівень попиту і пропозиції. Д/г, максимізуючи корисність, зменшують споживання продукції, що подорожчала, одночасно заміщуючи її відносно дешевшою. Виробники, максимізуючи прибуток, змінюють обсяги проміжного споживання та випуску. Під впливом цих факторів змінюється обсяг бюджетних надходжень, валового внутрішнього продукту (ВВП), оплати праці, валового прибутку, змішаного доходу, проміжного та кінцевого споживання, інвестицій, експорту, імпорту тощо.	Вплив зміни цін на обсяги кінцевого використання (експорту, інвестицій, кінцевого споживання) в більшості МГБ оцінюється за допомогою додаткових рівнянь, які пов'язують зміни цін та попиту на продукцію з боку кінцевих споживачів. У результаті зміни кінцевого попиту розраховуються нові обсяги виробництва, податкових надходжень, експорту, імпорту, ВВП. Зазначимо, що за такого підходу моделі МГБ поєднуються з підходом МЧР.	Враховано вплив зміни цін досліджуваного товару (товарів) на обсяги його споживання (випуску). Безпосередньо не представлено вплив на ціни та обсяги випуску продукції інших галузей, відповідно не можливо оцінити зміну загального рівня доходів економічних агентів, інвестицій, заощаджень, споживання, експорту, імпорту тощо.
Соціальні наслідки	Зміна рівнів захворюваності, смертності, працездатності оцінюється на основі зміни обсягів емісії шкідливих речовин через екзогенно задані коефіцієнти.		
	Зміна рівня зайнятості, величини диференціації доходів та рівня добробуту за соціальними групами.	Для оцінки зміни рівня добробуту та диференціації доходів доцільно висувати додаткові припущення для врахування ефектів заміщення.	Враховуються лише соціальні ефекти від зміни обсягів викидів шкідливих речовин досліджуваного сектору (секторів).

*Складено авторами на основі [2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13]

Відмінності в підходах до побудови аналізованих моделей¹ зумовлюють необхідність використання декількох груп критеріїв праксеологічності.

Враховуючи специфіку досліджуваного інструментарію, можна виділити три напрями аналізу кількісної адекватності (рис. 2):

А) Порівняння ретроспективних даних та результатів розрахунків (величин ВВП, випуску, проміжного та кінцевого споживання, експорту, імпорту тощо).

Б) Порівняння ретроспективних даних та результатів функціонування окремих елементів модельного інструментарію (наприклад, виробничих функцій).

В) Оцінка на основі ретроспективних даних величин екзогенних параметрів моделі (еластичностей, вагових коефіцієнтів виробничих функцій, ставок податків тощо).

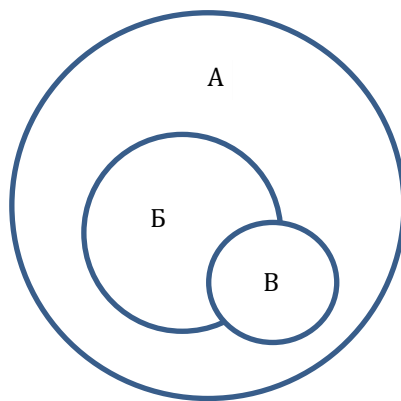


Рис. 2. Співвідношення напрямів перевірки кількісної адекватності модельного інструментарію

Зазначимо, що не всі виділені напрями аналізу праксеологічності можуть бути придатними для застосування у випадку інших типів моделей. Наприклад, кількісну адекватність моделей, побудованих на базі штучних нейронних мереж², доцільно перевіряти лише за критерієм відповідності результатів розрахунків ретроспективним даним³, оскільки в моделях цього типу зазвичай відсутні елементи або екзогенні параметри, яким можна дати економічну інтерпретацію і які виступають відображенням реальних елементів об'єкта дослідження. А у більшості випадків аналітичних моделей економічних систем⁴ взагалі не коректно говорити про праксеологічність, а лише про гносеологічну адекватність [2, с. 185; 16].

Водночас, у процесі аналізу праксеологічності модельного інструментарію для оцінювання наслідків субсидювання в енергетичному секторі слід урахувувати низку особливостей методичного та методологічного характеру, зокрема:

1. Невизначеність у часовому проміжку отримуваних результатів (для статичних моделей).
2. Першочергова спрямованість моделей не на прогнозування, а на впорядкування досліджуваних сценаріїв.
3. Існування значного ризику неефективності перевірки результатів моделювання на ретроспективних даних: можлива суттєва зміна характеру та властивостей досліджуваних економічних процесів у часі.

¹ Не лише між типами аналізованих моделей, а і в межах одного класу: динамічні та статичні ОМЗР; МЧР, що будуються економетрично або на основі даних одного року; МГБ доповнені рівняннями, що відображають поведінку кінцевих споживачів (наприклад, їх реакцію на зміну цін) тощо.

² Обмежимося випадком використання багатошарового перцептрона з метою прогнозування певного економічного процесу.

³ За таким принципом у більшості випадків і організовується процес навчання штучних нейронних мереж.

⁴ Містять більшість моделей нелінійної та хаотичної динаміки в економіці. Моделі цього типу спрямовані на пояснення спостережуваних економічних явищ, у процесі їх побудови дослідник свідомо йде на спрощення вихідної економічної системи з метою виокремлення найбільш суттєвих компонент та зв'язків.

Таблиця 3. Праксеологічність модельного інструментарію оцінки наслідків субсидіювання в енергетичному секторі*

Групи критеріїв	ОМРЗ	МГБ	МЧР
1	2	3	4
(A) Відповідність результатів розрахунків ретроспективним даним	У більшості випадків калібрування моделі здійснюється за даними одного базового року, показники якого модель відображає з нульовою похибкою.		Калібруються за даними одного або більше років. У першому випадку похибка рівна нулю, у другому випадку за умови використання економетричних методів за похибкою можна оцінити рівень адекватності моделі. Економетричний підхід з одного боку враховує попередні характеристики досліджуваних процесів, а з іншого припускає збереження цих же характеристик в майбутньому. У більшості випадків при побудові МЧР ключові екзогенні параметри (цінові еластичності) оцінюються експертно.
	Частина екзогенних параметрів – вагові коефіцієнти виробничих функцій, реальні ставки податків ¹ та субсидій – оцінюються за даними базового року. Еластичності заміщення та трансформації оцінюють на основі ретроспективних даних або експертно ² . Це надає можливість передбачати зміну структури проміжного та кінцевого споживання продукції, хоча і одночасно збільшує потужність множини екзогенних параметрів.	За даними базового року оцінюються всі екзогенні параметри моделі, зокрема коефіцієнти прямих витрат, величини яких припускаються незмінними. В більшості моделей МГБ не передбачається зміна цього припущення, що вже закладає певну похибку.	
	У випадку статичних моделей виникає питання з невизначеним часовим горизонтом отримуваних результатів, відтак не відомо, за який конкретно проміжок часу слід оцінювати стан реальної економічної системи для порівняння розрахункових та емпіричних даних.		
	Порівняння результатів розрахунків з ретроспективними даними загалом не можна вважати необхідною умовою перевірки кількісної адекватності модельного інструментарію. Враховуючи, що в межах оцінки наслідків субсидіювання в енергетичному секторі модель насамперед має вирішувати задачу впорядкування множини сценаріїв (а не прогнозування економічних процесів або вартісної оцінки показників), доцільно вимагати відповідність порядку, отриманого в результаті розрахунків, відповідним змінам в реальних економічних процесах. Відтак останні мають відображати аналізовані сценарії, що з об'єктивних причин не відбувається на практиці. Більш того, часто взагалі відсутні статистичні дані щодо впливу досліджуваних показників на економічні процеси.		

¹ Фактичний відсоток, що сплачується у вигляді податків. Наприклад, реальна ставка ПДВ розраховується як сума ПДВ, сплачена підприємствами певного виду економічної діяльності, поділена на випуск продукції.

² Оцінювання величини еластичностей заміщення та трансформації за фактичними даними вдається реалізувати досить рідко через недостатній обсяг необхідної статистичної інформації.

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
<p>(Б) Відповідність результатів функціонування елементів моделі ретроспективним даним</p>	<p>Для опису поведінки виробників та споживачів часто використовуються функції з ПЕЗ, що надає досліднику можливість визначити ступінь заміщення одних ресурсів (товарів та послуг) іншими.</p>	<p>Моделі МГБ використовують виробничі функції (ВФ) Леонт'єва з нульовими величинами еластичностей заміщення. Тобто виключається можливість заміщення одних продуктів іншими.</p>	<p>Криві попиту та пропозиції представлені через функції цін та цінових еластичностей. Загалом, оцінити значення цінових еластичностей за статистичними даними дещо простіше ніж еластичностей заміщення та трансформації (з точки зору вимог до обсягів та якості ретроспективних даних), тим не менш на практиці це також викликає значні складнощі. Тому в більшості випадків дослідники обирають значення цих параметрів, керуючись раніше зробленими оцінками та експертними припущеннями.</p>
	<p>Емпіричні дослідження показують, що у багатьох випадках ВФ Леонт'єва гірше апроксимують ретроспективні часові ряди порівняно з більш широким класом функцій з ПЕЗ. Хоча і останні не завжди адекватно описують реальні процеси, особливо в економіках країн, що розвиваються. При цьому, часто навіть для апроксимації параметрів ВФ Кобба-Дугласа чи Леонт'єва не достатньо статистичних даних, не кажучи вже про ВФ з ПЕЗ. Випадки ж з низьким рівнем апроксимації ВФ з ПЕЗ загалом говорять про необхідність побудови більш широкого класу функцій, зокрема введення додаткових параметрів, що водночас ще більше ускладнює задачу оцінки значень екзогенних змінних ВФ.</p>		
	<p>В абсолютній більшості ВФ величини цінових еластичностей, еластичностей заміщення та трансформації припускаються незмінними в часі. Попри певні свідчення щодо хибності цього припущення, дослідникам в абсолютній більшості випадків не вистачає даних для емпіричного визначення закономірностей зміни цих параметрів у часі, а висування припущень щодо характеру цих змін, керуючись певними теоретичними напрацюваннями, загалом вважається нераціональним, ураховуючи ускладнення структури моделі, слабку теоретичну базу обґрунтування характеру закономірностей, суттєве розростання множини сценаріїв та загальний ризик зниження надійності результатів моделювання.</p>		
<p>(В) Оцінки величин екзогенних параметрів на основі ретроспективних даних</p>	<p>Частина екзогенних параметрів оцінюється за даними базового року (вагові коефіцієнти, реальні ставки податків, субсидій та ін.), еластичності заміщення та трансформації оцінюються на основі ретроспективних даних або обираються експертно.</p>	<p>Всі екзогенні параметри оцінюються за даними одного року (вихідної ТВВ). Еластичності заміщення та трансформації покладаються рівними нулю.</p>	<p>Величини цінових еластичностей оцінюються за ретроспективними даними або обираються експертно. Решта параметрів, як правило, калібруються за даними одного року.</p>

**Розроблено автором з використанням [17; 18; 19; 20]*

Як і у випадку аналізу якісної адекватності, потужніша множина екзогенних параметрів робить відносні можливості калібрування ОМЗР більш гнучкими, водночас емпірична складова, зокрема доступність необхідних статистичних даних, як правило, призводить до побудови моделі на основі даних одного базового року.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Як показав кількісний та якісний аналіз адекватності модельного інструментарію оцінки наслідків субсидювання в енергетичному секторі, певний пріоритет у межах визначених критеріїв можна віддати обчислюваним моделям загальної рівноваги, які більш повно відображають ключові елементи об'єкта дослідження та мають кращі можливості емпіричного калібрування. Водночас потужніша множина екзогенних змінних моделей цього типу зумовлює необхідність висування додаткових припущень щодо

значень цих параметрів і, як наслідок, призводить до збільшення кількості альтернативних сценаріїв та зростання рівня невизначеності отриманих точкових оцінок.

Загалом запропонований у роботі підхід до аналізу адекватності модельного інструментарію не слід сприймати лише у контексті обґрунтування вибору методів дослідження. Його використання можна вважати окремим інструментом аналізу, спрямованим на поглиблення розуміння властивостей об'єкта та предмета дослідження в контексті визначених цілей.

Список літератури

1. Grassini, M. *Rowing along the Computable General Equilibrium Modelling Mainstream* [Electronic resource] / M. Grassini // *StudiaNotediEconomia*. – №3. – 2007. – P. 315-343. – Mode of access: <http://www.mps.it/nr/rdonlyres/8bab4c7c-3404-4a81-99e6-fc86fe256f/34085/grassinipag315343.pdf>. (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
2. Розенберг, Г. С. *Некоторые комментарии к статье М. Гилпина «Едят ли зайцы рысей?»* [Электронный ресурс] / Г. С. Розенберг // *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. – Т. 19, № 3. – 2010. – С. 180-186. – Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/samluka/2010/19_3_17.pdf(дата обращения: 17.02.2014). – Загл. с экрана.
3. Allaire, M. U. S. *Energy Subsidies: Effects on Energy Markets and Carbon Dioxide Emissions* [Electronic resource] / M. Allaire, S. P. A. Brown // *The Pew Charitable Trusts*. – 2012. – 108 p. – Mode of access: http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Fiscal_and_Budget_Policy/EnergySubsidiesFINAL.pdf(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
4. AlShehabi O. H. *Fuel Subsidies and Unemployment: A CGE Model Applied to Iran* [Electronic resource] / O. H. AlShehabi // *USAAE-IAEE Working Paper No. 11-074*. – 2011. – 90 p. – Mode of access: <http://ssrn.com/abstract=1821644>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
5. Anderson, K. *Reducing coal subsidies and trade barriers: their contribution to greenhouse gas abatement* [Electronic resource] / K. Anderson, W. J. McKibbin // *CEPR Discussion Paper No. 1698*. – 1997. – 38 p. – Mode of access: <http://www.brookings.edu/~media/research/files/papers/1997/11/globaleconomics%20anderson/bdp135.pdf>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
6. Birol, F. *The Economic Impact of Subsidy Phase-out in Oil Exporting Developing Countries* [Electronic resource] / F. Birol, A. V. Aleagha, R. Ferroukhi // *Energy Policy*. – Vol. 23, No. 3. – 1995. – P. 209-215. – Mode of access: <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/the-economic-impact-of-subsidy-phase-out-in-oil-exporting-developing-zgIUexV2Q9/1>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
7. Ellis, J. *The Effects of Fossil-Fuel Subsidy Reform: A review of modelling and empirical studies* [Electronic resource] / J. Ellis. – *International Institute for Sustainable Development*. – 2010. – 48 p. – Mode of access: http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/effects_ffs.pdf(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
8. *Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reforms* [Electronic resource] / *United Nations Foundation*. – 2003. – 170 p. – Mode of access: <http://www.unep.ch/etb/publications/energySubsidies/Energysubreport.pdf>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
9. Gemechu, E. D. *Economic and environmental effects of the CO₂ taxation: an input-output analysis for Spain* [Electronic resource] / E. D. Gemechu, I. Butnar, M. Llop, F. Castells // *CREIP Working Papers*. – 2013. – 29 p. – Mode of access: <http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/203166/201224.pdf?sequence=1>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
10. Ogarenko, I. *Eliminating Indirect Energy Subsidies in Ukraine: Estimation of Environmental and Socioeconomic Effects Using Input-Output Modeling* [Electronic resource] / I. Ogarenko, K. Hubacek // *Journal of Economic Structures*. – 2013. – P. 2-7. – Mode of access: <http://www.journalofeconomicstructures.com/content/pdf/2193-2409-2-7.pdf>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
11. Perese, K. *Input-Output Model Analysis: Pricing Carbon Dioxide Emissions*[Electronic resource] / K. Perese // *Congressional Budget Office, Working Paper Series*. – 2010. – 43 p. – Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.167.8310&rep=rep1&type=pdf>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
12. *Subsidies in the Energy Sector: An Overview*[Electronic resource] / *Background Paper for the World Bank Group Energy Sector Strategy*. – 2010. – 115 p. – Mode of access: http://siteresources.worldbank.org/EXTESC/Resources/Subsidy_background_paper.pdf(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
13. *World Energy Outlook Insights, Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right* / *International Energy Agency*. – 1999. – 210 p. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.168.1604&rep=rep1&type=pdf>(date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.

14. *Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative / IEA, OPEC, OECD, World Bank Joint Report. = 2010. = 81 p. = [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.oecd.org/env/45575666.pdf> (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.*
15. Шутиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Электронный ресурс] / В. К. Шутиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко // Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. – Режим доступа: <http://nashaucheba.ru/v55299/?download=1> (дата обращения: 17.02.2014). – Загл. с экрана.
16. Занг, В. -Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории [Текст] / В. -Б. Занг; пер. с англ. Н. В. Островской; [под ред. В. В. Лебедева и В. Н. Разжевайкина] – М. : Мир, 1999. – 335 с.
17. Balistreri, E. J. An estimation of U. S. industry-level capital-labor elasticities: Cobb-Douglas as reasonable starting point? [Electronic resource] / E. J. Balistreri, C. A. McDaniel, E. V. Wong // U. S. International Trade Commission. Office of economics Working Paper. – No. 2001-12-A. – 27 p. – Mode of access: http://www.usitc.gov/publications/docs/pubs/research_working_papers/EC200112A.pdf (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
18. Fragiadakis, K. A Multi-Country Econometric Estimation of the Constant Elasticity of Substitution [Electronic resource] / K. Fragiadakis, L. Paroussos, N. Kouvaritakis, P. Capros // E³M-Lab. – 2012. – 16 p. – Mode of access: http://www.wiod.org/conferences/groningen/Paper_Fragiadakis_et_al.pdf (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
19. Kemfert, C. Energy-Capital-Labor Substitution and the Economic Effects of CO₂ Abatement: Evidence for Germany [Electronic resource] / C. Kemfert, H. Welsch // FondazioneEni Enrico Mattei. – 1998. – 27 p. – Mode of access: <http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL1998/NDL1998-076.pdf> (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.
20. Koesler, S. Substitution Elasticities in a CES Production Framework. An Empirical Analysis on the Basis of Non-Linear Least Squares Estimations [Electronic resource] / S. Koesler, M. Schymura // ZEW Discussion Paper No. 12-007. – 2012. – 25 p. – Mode of access: <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp12007.pdf> (date viewed: 17.02.2014). – Title from the screen.

References

1. Grassini, M. (2007). Rowing along the Computable General Equilibrium Modelling Mainstream. *Studia Note di Economia*, 12(3), 315-343. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.mps.it/nr/rdonlyres/8bab4c7c-3404-4a81-99e6-fc7b86fe256f/34085/grassinipag315343.pdf>.
2. Rozenberg, G. S. (2011). Some comments to the paper by M. Gilpin «Do rabbits eat lynxes?». *Samara Bend: problems of regional and global ecology*, Vol. 19, No 3, p. 180-186. Retrieved February 17, 2014, from: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/samluka/2010/19_3_17.pdf.
3. Allaire, M., & Brown S. P. A. (2012). U. S. Energy Subsidies: Effects on Energy Markets and Carbon Dioxide Emissions. The Pew Charitable Trusts. Retrieved February 17, 2014, from: http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Fiscal_and_Budget_Policy/EnergySubsidiesFINAL.pdf.
4. AlShehabi, O. H. (2011). Fuel Subsidies and Unemployment: A CGE Model Applied to Iran. *USAEE-IAEE Working Paper No. 11-074*. Retrieved February 17, 2014, from: <http://ssrn.com/abstract=1821644>.
5. Anderson, K., & McKibbin, W. J. (1997). Reducing coal subsidies and trade barriers: their contribution to greenhouse gas abatement. *CEPR Discussion Paper No. 1698*. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.brookings.edu/~media/research/files/papers/1997/11/globaleconomics%20anderson/bdp135.pdf>.
6. Birol, F. & Alegha, A. V., & Ferroukhi, R. (1995) *The Economic Impact of Subsidy Phase-out in Oil Exporting Developing Countries. Energy Policy*, Vol. 23, No. 3, p. 209-215. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.deedyve.com/lp/elsevier/the-economic-impact-of-subsidy-phase-out-in-oil-exporting-developing-zgIUexV2Q9/1>.
7. Ellis, J. (2010). *The Effects of Fossil-Fuel Subsidy Reform: A review of modelling and empirical studies. International Institute for Sustainable Development*. Retrieved February 17, 2014, from: http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/effects_ffs.pdf.
8. *Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reforms (2003)*. United Nations Foundation. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.unep.ch/etb/publications/energySubsidies/Energysubreport.pdf>.
9. Gemechu, E. D. & Butnar, I. & Llop, M. & Castells, F. (2013). *Economic and environmental effects of the CO₂ taxation: an input-output analysis for Spain. CREIP Working Papers*. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/203166/201224.pdf?sequence=1>.
10. Ogarenko, I., & Hubacek, K. (2013). *Eliminating Indirect Energy Subsidies in Ukraine: Estimation of Environmental and Socioeconomic Effects Using Input–Output Modeling. Journal of Economic Structures*, 2-7.

–Retrieved February 17, 2014, from:<http://www.journalofeconomicstructures.com/content/pdf/2193-2409-2-7.pdf>.

11. Perese, K. (2010). *Input-Output Model Analysis: Pricing Carbon Dioxide Emissions*. Congressional Budget Office, Working Paper Series. Retrieved February 17, 2014, from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.167.8310&rep=rep1&type=pdf>.
12. *Subsidies in the Energy Sector: An Overview (2010)*. Background Paper for the World Bank Group Energy Sector Strategy. Retrieved February 17, 2014, from:http://siteresources.worldbank.org/EXTESC/Resources/Subsidy_background_paper.pdf.
13. *World Energy Outlook Insights, Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right (1999)*. International Energy Agency. Retrieved February 17, 2014, from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.168.1604&rep=rep1&type=pdf>.
14. *Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative (2010)*. IEA, OPEC, OECD, World Bank Joint Report. Retrieved February 17, 2014, from: <http://www.oecd.org/env/45575666.pdf>.
15. Shitikov, V. K. & Rozenberg, G. S., & Zinchenko, T. D. (2003). *Quantitative hydroecology: methods of system identification*. Tolyatti: IEVB RAN.
16. Zhang, W. -B. (1999). *Synergetic Economics. Time and Change in Nonlinear Economics*. Moskva: Mir.
17. Balistreri, E. J. & McDaniel, C. A. & Wong, E. V. (2001). *An estimation of U. S. industry-level capital-labor elasticities: Cobb-Douglas as reasonable starting point? U. S. International Trade Commission. Office of economics Working Paper. – No. 2001-12-A*. Retrieved February 17, 2014, from: http://www.usitc.gov/publications/docs/pubs/research_working_papers/EG200112A.pdf.
18. Fragiadakis, K. & Paroussos, L. & Kouvaritakis, N., Capros, P. (2012). *A Multi-Country Econometric Estimation of the Constant Elasticity of Substitution*. E³M-Lab. Retrieved February 17, 2014, from: http://www.wiod.org/conferences/groningen/Paper_Fragiadakis_et_al.pdf.
19. Kemfert, C., & Welsch, H. (1998). *Energy-Capital-Labor Substitution and the Economic Effects of CO₂ Abatement: Evidence for Germany*. FondazioneEni Enrico Mattei. Retrieved February 17, 2014, from:<http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL1998/NDL1998-076.pdf>.
20. Koesler, S., & Schymura, M. (2012). *Substitution Elasticities in a CES Production Framework. An Empirical Analysis on the Basis of Non-Linear Least Squares Estimations*. ZEW Discussion Paper No. 12-007. Retrieved February 17, 2014, from: <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp12007.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 13.03.2014 р.