

ПОВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ОБСЯГІВ ВИКИДІВ НА КІНЦЕВИЙ ПОПИТ В АГРЕГОВАНІЙ МІЖГАЛУЗЕВІЙ МОДЕЛІ УКРАЇНИ

© 2020 ЯСТРЕМСЬКИЙ О. І., КУЛИК В. В.

УДК 338.27

JEL Classification: C53; C67; E10; E17

Ястремський О. І., Кулик В. В.

Повне навантаження обсягів викидів на кінцевий попит в агрегованій міжгалузевій моделі України

Метою статті є розробка методики та дослідження результатів розрахунку навантаження прямих і непрямих обсягів викидів на кінцевий попит за матеріалами агрегованої схеми витрати-випуск України. У статті досліджено загальне навантаження викидів двоокису вуглецю, окису азоту, метану на кінцеве використання трьох укрупнених видів економічної діяльності економіки України у 2017 р. Найбільшим забруднювачем є вторинний сектор (промисловість), частка якого в загальному навантаженні викидів складає близько 50 % за викидами двоокису вуглецю, окису азоту та метану. Друге місце за обсягами викидів посідає третинний сектор (сфера послуг). Протягом 2013–2017 рр. спостерігається тенденція зменшення навантаження викидів на кінцевий попит досліджуваних секторів, особливо в проміжку 2013–2014 рр. Розроблено та реалізовано сценарій «зменшення витратності всієї економіки → зміна викидів», який характеризує еластичність випуску всіх викидів за загальною витратністю економіки – зменшення загальної витратності на 1 % призводить до відносного зменшення випуску всіх викидів на величини 1,41 %, 1,62 %, 1,71 %. Перспективами подальших досліджень є розширення схеми розрахунків до 10 ВЕД, 19 ВЕД, 42 ВЕД, 10 видів викидів; застосування єдиних методологічних підходів та масивів даних для порівняльних еколого-економічних досліджень; розробка схеми витрати-випуск з додатковими технологіями «переробка викидів» і квадрантами «міжгалузеві потоки ВЕД на переробку викидів», «додатковий випуск викидів при переробці викидів» для України.

Ключові слова: викиди в атмосферне повітря, екологічні рахунки, повне навантаження викидів на кінцевий попит, еластичність випуску викидів, укрупнені види економічної діяльності (первинний, вторинний та третинний сектори).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2020-2-166-174>

Рис.: 1. **Табл.:** 5. **Формул.:** 3. **Бібл.:** 30.

Ястремський Олександр Іванович – доктор економічних наук, професор, Академія фінансового управління (бульв. Дружби Народів, 38, Київ, 01014, Україна)

E-mail: Yast2005@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9900-3612>

Кулик Володимир Васильович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Академія фінансового управління (бульв. Дружби Народів, 38, Київ, 01014, Україна)

E-mail: volodymyr_kulyk@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2226-2795>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-2410-2018>

УДК 338.27

JEL Classification: C53; C67; E10; E17

Ястремский А. И., Кулик В. В. Полная нагрузка объемов выбросов на конечный спрос в агрегированной межотраслевой модели Украины

Целью статьи является разработка методики и исследование результатов расчета нагрузки прямых и косвенных объемов выбросов на конечный спрос по материалам агрегированной схемы затрат-выпуск Украины. В статье исследована общая нагрузка выбросов диоксида углерода, оксида азота, метана на конечное использование трёх укрупнённых видов экономической деятельности экономики Украины в 2017 г. Крупнейшим загрязнителем является вторичный сектор (промышленность), доля которого в общей нагрузке выбросов составляет около 50 % для диоксида углерода, оксида азота и метана. Второе место по выбросам занимает третичный сектор (сектор услуг). В течение 2013–2017 гг. наблюдается тенденция к сокращению выбросов на конечный спрос исследуемых секторов, особенно в периоде 2013–2014 гг. Разработан и реализован сценарий «уменьшение затрат всей экономики → изменение выбросов», который характеризует эластичность выпуска всех выбросов по общим

UDC 338.27

JEL Classification: C53; C67; E10; E17

Yastremskii O. I., Kulyk V. V. The Total Load of Emissions on the Final Demand in the Aggregated Interbranch Model of Ukraine

The aim of the article is to develop a methodology and study the results of calculating the load of direct and indirect emissions on final demand based on the data from the aggregated costs-emissions scheme of Ukraine. The article examines the total load of carbon dioxide, nitric oxide and methane emissions on the end use of three groups of economic activities of the Ukrainian economy in 2017. The largest emitter is the secondary sector (industry), whose share in the total load of emissions is about 50 % for carbon dioxide, nitric oxide, and methane. The tertiary sector (the services sector) is the second largest emitter. During 2013–2017, there observed a downward trend in the load of emissions on the final demand of the studied sectors, especially for 2013–2014. A scenario “reduction in the total economic cost of production → change in emissions” is developed and implemented. It characterizes the elasticity of the release of all emissions to the total economic cost of production – a decrease in the total cost by 1 % leads to a relative decrease in the release of all emissions by 1.41 %, 1.62 %, 1.71 %. Prospects

затратам економіки – уменшення общих затрат на 1 % приводит к относительно уменьшению выпуска всех выбросов на величины 1,41 %, 1,62 %, 1,71 %. Перспективами дальнейших исследований является расширение схемы расчетов до 10 ВЭД, 19 ВЭД, 42 ВЭД, 10 видов выбросов; применение единых методологических подходов и массивов данных для сравнительных эколого-экономических исследований; разработка схемы затраты-выпуск с дополнительными технологиями «переработка выбросов» и квадрантами «межотраслевые потоки ВЭД на переработку выбросов», «дополнительный выпуск выбросов при переработке выбросов» для Украины.

Ключевые слова: выбросы в атмосферу, экологические счета, полная нагрузка выбросов на конечный спрос, эластичность выпуска выбросов, укрупнённые виды экономической деятельности (первичный, вторичный и третичный сектора).

Рис.: 3. **Табл.:** 5. **Формул.:** 3. **Библ.:** 30.

Ястремский Александр Иванович – доктор экономических наук, профессор, Академия финансового управления (бульв. Дружбы Народов, 38, Киев, 01014, Украина)

E-mail: Yast2005@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9900-3612>

Кулик Владимир Васильевич – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Академия финансового управления (бульв. Дружбы Народов, 38, Киев, 01014, Украина)

E-mail: volodymyr_kulyk@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2226-2795>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-2410-2018>

for further research are the expansion of the calculation scheme to 10 economic activities, 19 economic activities, 42 economic activities, 10 types of emissions; application of uniform methodological approaches and single arrays for comparative environmental and economic research; elaboration of a costs-emissions scheme with additional technologies “processing of emissions” and quadrants “interbranch flows of economic activities for processing emissions”, “additional release of emissions in processing emissions” for Ukraine.

Keywords: atmospheric emissions, environmental accounts, total load of emissions on final demand, elasticity of emissions, groups of economic activities (primary, secondary and tertiary sectors).

Fig.: 3. **Tabl.:** 5. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 30.

Yastremskii Olexander I. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Academy of Financial Management (38 Druzhby Narodiv Blvd., Kyiv, 01014, Ukraine)

E-mail: Yast2005@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9900-3612>

Kulyk Volodymyr V. – Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow, Academy of Financial Management (38 Druzhby Narodiv Blvd., Kyiv, 01014, Ukraine)

E-mail: volodymyr_kulyk@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2226-2795>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Q-2410-2018>

Взаємодія діяльності людства і довкілля є ключовою глобальною проблемою. Україна не стоїть осторонь цього. Лише випуск двоокису вуглецю в Україні за 2017 склало 159,8 млн т [1], тобто приблизно 4 т на одну особу. Якщо врахувати, що забруднення розподіляються нерівномірно, то деякі регіони України, насамперед Київ, можна назвати зонами екологічного лиха.

Метою статті є розробка методики та результати розрахунку навантаження прямих і непрямих обсягів викидів на кінцевий попит за матеріалами агрегованої схеми витрати-випуск України, розробка сценаріїв використання пропонованих конструкцій.

Зокрема, пропонується розрахунок: 1) загального навантаження (прямого і непрямого) кінцевого попиту первинного, вторинного і третинного секторів [2] на обсяг викидів двоокису вуглецю (CO₂), окису азоту (N₂O), метану (CH₄); 2) впливу загальної витратності економіки України на вказані викиди.

Серед *дотичних досліджень* до мети пропонованої роботи варто зазначити віхові роботи В. Леонтьєва, Д. Форда [3; 4], де вперше були синтезовані схема витрати-випуск з випуском і переробкою викидів. У нобелівській лекції В. Леонтьєва наведені результати прогнозування світової економіки [5, с. 15–300]. Світова економіка деталізувалася по 28 групах країн, 45 виробничих секторах, 30 видах забруднювачів.

Цитовані роботи згенерували потужний напрям теоретичної і прикладної економіки. Серед робіт теоретичного напрямку потрібно зазначити роботи І. Ляшенка [6] та його учнів [7]. Зокрема, в роботі Г. Кудіна, В. Кудіна,

А. Онищенко [8; 9] досліджуються умови продуктивності моделі Леонтьєва-Форда.

Динамічний аналог моделі Леонтьєва-Форда був досліджений в роботі [10]. Зокрема, були досліджені магістральні властивості прямої та двоїстої динамічної моделі Леонтьєва-Форда [7].

У роботі [11] досліджений ціновий розрив для оцінки непрямих субсидій кінцевим споживачам в газівому та електроенергетичному секторах України, розглянуто гіпотетичне усунення субсидій на енергоносії. Згідно з розрахунками передбачалося незначне зниження ВВП, що тлумачилося як короткострокова ціна за виправлення спотворення ринку, які були нагромаджені за десятиліття неефективного ціноутворення на енергію. Інші переваги від усунення субсидій включатимуть зменшення загального споживання енергії та викидів парникових газів, відповідно – приблизно на 2,5 % та 3,6 %. Крім того, ці короткотермінові ефекти потенційно можуть викликати динамічні ефекти прискорених технологічних удосконалень у довгостроковій перспективі.

У роботі [12] побудована модель регіонів, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. В моделі синтезовані різні технології виробничої діяльності регіонів з метою отримання продукції, що задовольняє обмеженням за біологічним еквівалентом радіації.

Широке полотно досліджень взаємодії діяльності людини з довкіллям з використанням сучасних методів оптимізації відображено в циклі робіт академіка НАН України Ю. Єрмольєва та його колег [13–16]. Зокрема, в роботі [14] серед застосувань сучасних методів

стохастичної оптимізації – формування портфеля викидів.

В практичному посібнику [17] відображений досвід синтезу міжгалузевих балансів (таблиці «витрати-випуск») з балансами викидів. В практиці статистичних спостережень ряду країн використовуються високоагреговані міжгалузеві баланси з виділенням первинного, вторинного та третинного секторів, наприклад в Німеччині [18]. Застосування високоагрегованих макроекономічних даних, зокрема таблиць «витрати-випуск», уможливує дослідження особливостей зміни структури виробничої системи та ідентифікування тенденції її розвитку [19].

В Європейському Союзі прийнято Зелений новий курс, що передбачає перетворення Європи у кліматично нейтральний континент до 2050 року [20]. Аналогічні програми розробляються і в Україні, що передбачають перехід на повністю відновлювані джерела енергії, досягнення нульового рівня викидів вуглецю, трансформацію традиційної економіки у циркулярну зі сталим споживанням ресурсів тощо [20].

Однією із проблем обліку викидів в атмосферне повітря є неповне знання про джерела забруднення [21].

Державна служба статистики України систематично розробляє і періодично оприлюднює таблиці «витрати-випуск» України з деталізацією за 42 видами економічної діяльності та за 19 видами економічної діяльності на рівні

секцій Класифікації видів економічної діяльності (КВЕД) [22], а також рахунки викидів в атмосферне повітря [1; 23; 24].

Недостатньо висвітленою в сучасній українській економічній літературі є використання реальних баз даних для побудови синтезних конструкцій балансів випуску, розподілу і навантаження на довкілля в Україні. Деякі підходи та розрахунки пропонуються в нашій роботі.

Новизною нашої роботи є:

- 1) розрахунок загального навантаження трьох видів викидів на кінцевий попит трьох укрупнених секторів економіки України;
- 2) адаптація сценарію академіка В. Глушкова до визначення чутливості випуску викидів до зміни загальної витратності економіки. Зокрема, експериментально доведено, що випуск трьох видів викидів – двоокису вуглецю, окису азоту, метану – є еластичним щодо зміни витратності економіки.

Інформаційна база дослідження

Були використані схеми «витрати-випуск» України за стандартним та агрегованим угрупованнями видів економічної діяльності [22; 25] Вказані схеми були загреговані до трьох секторів – первинного, вторинного, третинного (табл. 1), що в загальних рисах характеризують процеси відтворення аграрного сектора, промисловості та сфери послуг.

Таблиця 1

Схема агрегування ВЕД при організації державного статистичного спостереження «Таблиця «витрати-випуск»

42 ВЕД	19 ВЕД	3 ВЕД
Стандартне групування ВЕД при підготовці «Таблиці «витрати-випуск» України	Агреговане групування ВЕД при підготовці «Таблиці «витрати-випуск» України	Агреговане групування ВЕД з виділенням первинного, вторинного та третинного секторів [17]

Джерело: побудовано авторами на основі [17; 25]

Агрегування ВЕД до трьох укрупнених секторів¹ дозволяє апробувати методи дослідження процесів відтворення, які можуть бути поширені на більш деталізовані класифікації ВЕД, використовуючи при цьому статистичну інформацію про конкретно досліджуваній об'єкт. Такий підхід дозволяє виявити тенденції розвитку досліджуваного об'єкта, зміни макроекономічних пропорцій у виробничій системі та ін., залишаючись при цьому наочним для розуміння та навчальних цілей.

Саме в такій формі і була сформульована модель Леонтьєва-Форда [3] – взаємно пов'язаного відтворення виробничої сфери і навколишнього середовища шляхом обліку викидів та їх знешкодження.

В Україні з 2013 р. здійснюється підготовка рахунку викидів в атмосферне повітря, який поєднаний із рахунком виробництва [26]. Статистичне спостереження за викидами здійснюється в розрізі 10 забруднювачів (табл. 2).

Таблиця 2

Забруднюючі викиди в атмосферне повітря, за якими ведеться державне статистичне спостереження

№ з/п	Забруднюючі викиди
1	двоокис вуглецю CO ₂
2	окис азоту N ₂ O
3	метан CH ₄
4	окси азоту NO _x
5	двоокис сірки SO ₂
6	аміак NH ₃
7	неметанові леткі органічні сполуки НМЛОС
8	окис вуглецю CO
9	суспендовані тверді частинки 2,5 мкм > 10 мкм
10	суспендовані тверді частинки < 2,5 мкм

Джерело: рахунок викидів в атмосферне повітря [1]

¹ Гіпотеза трьох секторів економіки відповідає класифікаціям видів економічної діяльності (КВЕД) [25] наступним чином: первинний вектор – ВЕД А01-А03, вторинний сектор – В5-Ф43, третинний сектор – G45-T97.

Найвагоміша частка викидів – за обсягами і, відповідно, за впливом на навколишнє середовище – припадає на двоокис вуглецю та метан тощо. Тому актуальним є дослідження повного навантаження випуску цих викидів на кінцевий попит в агрегованій моделі «витрати-випуск» України.

За даними екологічних рахунків [1] була сформована таблиця випуску викидів в розрізі трьох секторів і трьох забруднювачів (табл. 3).

Результати розрахунків. Навантаження випуску викидів на кінцевий попит секторів

Були розраховані: 1) питомі викиди випуску для трьох секторів, синтезовані у матрицю B ; 2) матриця повних витрат $(E - A)^{-1}$ (обернена матриця Леонт'єва); 3) навантаження випуску викидів на кінцевий попит секторів розраховується за формулою $B(E - A)^{-1}EY + H$, де A – матриця прямих витрат, Y – вектор кінцевого попи-

Таблиця 3

Обсяги викидів CO₂, N₂O, CH₄ первинним, вторинним, третинним секторами і домашніми господарствами економіки України, т, 2017 р.

Викиди	Сектор			Домашні господарства	Державне споживання	Валове нагромадження основного капіталу	Зміни у рівні запасів	Експорт	Випуск за базовими цінами
	Первинний	Вторинний	Третинний						
1	2	3	7	8	9	10	11	12	13
Двоокис вуглецю CO ₂ , тонн	1099800	116615400	6502700	35620460					159838360,1
Окис азоту N ₂ O	180	8046	681	903					9809,4
Метан CH ₄	45133	419203	34640	7178					506153,6

Джерело: підготовлено на основі рахунку викидів в атмосферне повітря, 2017 [1]

ту, H – вектор випуску викидів домашніми господарствами; 4) деякі показники динаміки викидів протягом 2013–2017 рр.

Обчислення проведені згідно з методологічними рекомендаціями [17, с. 493-494] на основі даних України за 2017 р. [22]. Підготовка статистичної інформації за 2017 р. ґрунтувалася на оновленій методології Європейської системи національних і регіональних рахунків 2010 р. [27], яка методологічно гармонізована з попередніми напрацюваннями, і, зокрема, розглядає групування видів економічної діяльності в розрізі трьох продуктів [27, с. 527].

Схема обчислень включає:

1. Визначення випуску секторів за базовими цінами.

	Первинний	Вторинний	Третинний
Випуск (в основних цінах)	727352	2796839	2731206

2. Визначення коефіцієнтів викидів – фізичних обсягів викидів в розрахунку на 1 млн випуску (B).

Викиди	Сектори		
	Первинний	Вторинний	Третинний
Двоокис вуглецю CO ₂	1,5121	41,6954	2,3809
Окис азоту N ₂ O	0,0002	0,0029	0,0002
Метан CH ₄	0,0621	0,1499	0,0127

3. Обчислення оберненої матриці Леонт'єва виду $(E - A)^{-1}$ для трисекторної таблиці «витрати-випуск» України за 2017 р.

Сектори	Первинний	Вторинний	Третинний
Первинний сектор	1,3536	0,1688	0,0540
Вторинний сектор	0,7982	2,3969	0,5103
Третинний сектор	0,3694	0,5540	1,4910

4. Знаходимо прямі і непрямі викиди на одиницю випуску $B(E - A)^{-1}$

Викиди	Сектори		
	Первинний	Вторинний	Третинний
Двоокис вуглецю CO ₂	36,2073	101,5120	24,9100
Окис азоту N ₂ O	0,0027	0,0071	0,0019
Метан CH ₄	0,2083	0,3768	0,0988

5. На основі «Таблиці «витрати-випуск» України» готуємо діагональну матрицю кінцевого попиту Y .

Сектори	Первинний	Вторинний	Третинний
Первинний сектор	388438		
Вторинний сектор		725380	
Третинний сектор			1466031

6. І насамкінець, знаходимо шукані величини – навантаження викидів на кінцевий попит $B(E - A)^{-1}EY + H$ (табл. 4).

Таблиця 4

Повне навантаження викидів на кінцевий попит секторів економіки (в тоннах), Україна, 2017 р.

Викиди	Сектори				Всього
	Первинний	Вторинний	Третинний	Домашні господарства	
Двоокис вуглецю CO ₂	14064272	73634740	36518888	35620460	159838361
Окис азоту N ₂ O	1058	5132	2717	902,6	9809
Метан CH ₄	80916	273287	144773	7177,6	506154

Зауважимо, що викиди забруднюючих речовин сформовані внаслідок лише вітчизняного випуску первинного, вторинного та третинного секторів, тоді як кінцеві споживчі витрати, зокрема споживання домашніх господарств, включають значну частку товарів і послуг імпортного походження (див. матриці використання продукції вітчизняного виробництва та імпорту у статистичному збірнику «Таблиця «витрати-випуск» в основних цінах»).

Таблиця може бути витлумачена як сценарій впливу кінцевого попиту трьох укрупнених секторів на випуск викидів трьох видів.

Подібний розрахунок був здійснений для Німеччини [17, с. 493] і він «... вражаючим чином демонструє, як систему витрати-випуск можна використовувати для оцінки екологічної політики (наприклад, як Німеччина може виконувати Кіотську угоду).

Водночас можуть бути охоплені й інші важливі сфери економічного аналізу, такі як вплив політики зайнятості, заміна робочої сили та капіталу, аналіз продуктивності праці, енергетичні проблеми, екологічні проблеми або структурна політика».

Проведемо детальніший аналіз повного навантаження викидів на кінцевий попит в розрізі досліджуваних секторів протягом 2013–2017 рр.

Фізичні обсяги навантаження викидів двоокису вуглецю, окису азоту та метану на кінцевий попит за секторами приведено, відповідно, на рис. 1–3. Як бачимо, найбільше забруднення за кожним із викидів спричинене кінцевим попитом вторинного сектора. Друге місце в «першості» за рівнем забруднення посідає третинний сектор. Крім того, викиди двоокису вуглецю в третинному секторі та домашніх господарствах протягом цього періоду були приблизно на одному рівні.

Приведені графіки демонструють позитивні тенденції в зменшенні навантаження викидів за вторинним і третинним секторами, сталість навантаження викидів в первинному секторі та домашніх господарствах.

Вторинний сектор генерує близько половини викидів двоокису вуглецю, окису азоту та метану.

Протягом досліджуваного періоду спостерігається суттєве зменшення навантаження викидів на кінцевий попит, особливо в проміжку 2013–2014 рр.

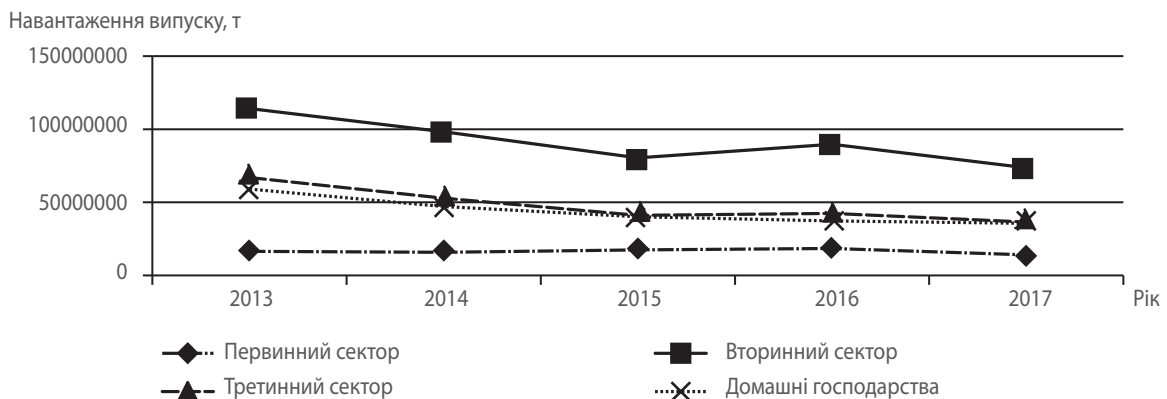


Рис. 1. Навантаження випуску двоокису вуглецю на кінцевий попит за секторами, тонн

Таким чином, безсумнівним «лідером» з повного навантаження випуску викидів на кінцевий попит є вторинний сектор, їх частка в структурі є майже незмінною. За винятком домашніх господарств, спостерігається деяка тенденція до зменшення повного навантаження випуску за секторами.

Застосування сценарію академіка В. М. Глушкова до аналізу чутливості випуску викидів за загальною витратністю.

Сценарій В. Леонтьєва розглядає вплив кінцевого попиту галузей на їх валові випуски, або

$$\Delta x = (E - A)^{-1} \Delta y,$$

де Δx , Δy – відповідно, вектори змін у загальному випуску і кінцевому попиті.

В циклі робіт В. Глушкова, який започаткований в [28], розглядається вплив змін в матриці A на випуски та кінцевий попит галузей.

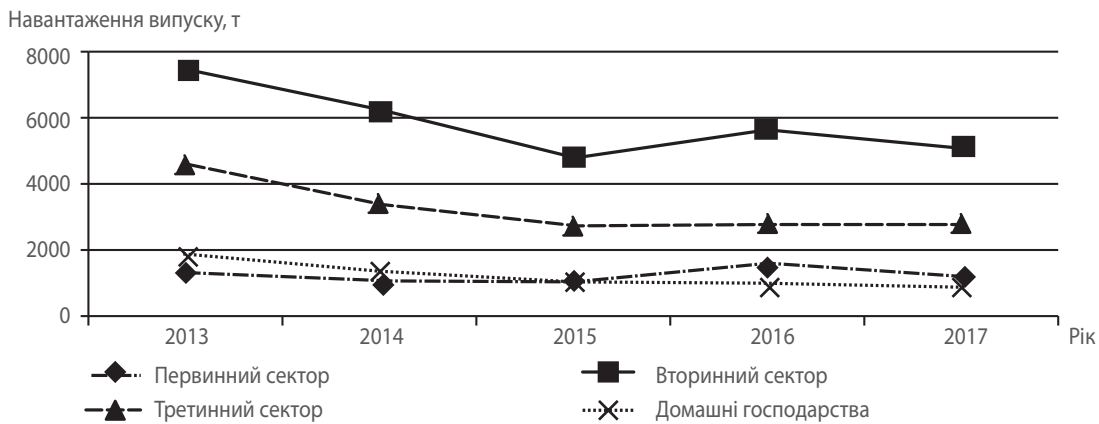


Рис. 2. Навантаження випуску окису азоту на кінцевий попит за секторами, тонн

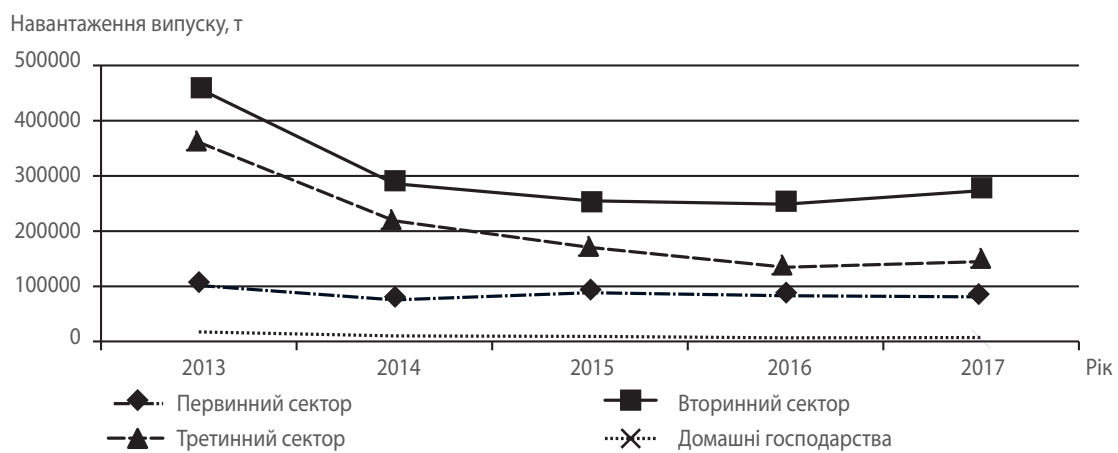


Рис. 3. Навантаження випуску метану на кінцевий попит за секторами, тонн

Розглянемо модифікацію сценарію В. Глушкова на синтезну модель виробництва продукції та випуску викидів. Модель має вигляд:

$$x = Ax + y, \quad EM = Bx,$$

де EM – вектор випуску викидів,
 B – матриця питомих викидів.

За розрахунками робіт [29; 30] загальна витратність економіки України значно перевищує аналогічний показник для розвинених країн. Тому це є значним ресурсом економічного зростання для України. Розглянемо сценарій «зміна витратності → зміна навантаження на довкілля». Припустимо, що всі коефіцієнти матриці A зменшуються на ΔA (наприклад, на 1%), кінцевий попит є фіксованим. Зміна навантаження на довкілля розраховується за формулою:

$$EM = B\Delta x, \quad \Delta x = (E - (A + \Delta A))^{-1} y.$$

Загальна витратність економіки при початковому сценарії складатиме $1 - \frac{\sum y_i}{\sum x_i}$, за нового – $1 - \frac{\sum y_i}{\sum x_i + \Delta x_i}$.

Розрахунки показали, що зменшення загальної витратності економіки на 1% можливе за умови зменшення всіх коефіцієнтів матриці прямих витрат на 0,90%.

З використанням наведеної інформації, за умови зменшення всіх коефіцієнтів матриці A на 0,90%, а отже, зменшення загальної витратності на 1%, були отримані такі результати (табл. 5).

Отже, згідно з наведеним сценарієм випуск викидів всіх видів є еластичним за загальною витратністю. Якщо виходити із чисельності населення 37 млн, то зменшення навантаження двоокису вуглецю (CO_2) на кожного мешканця складатиме 68 кг.

Висновки:

- в дописі наведений приклад розрахунків загального навантаження викидів двоокису вуглецю (CO_2), окису азоту (N_2O), метану (CH_4) на кінцеве використання трьох укрупнених ВЕД економіки України;
- найбільшим забруднювачем викидів є вторинний сектор (промисловість), частка якого в загальному навантаженні викидів складає близько 50% за викидами двоокису вуглецю, окису азоту та мета-

Таблиця 5

Зменшення випуску викидів за умови зменшення витратності економіки України на 1 %

	Сектори				Всього	Еластичність, у %
	Первинний	Вторинний	Третинний	Домашні господарства		
Двоокис вуглецю CO ₂	11750	2171551	66706	0	2250007	1,41
Окис азоту N ₂ O	2	150	7	0	159	1,62
Метан CH ₄	482	7806	355	0	8644	1,71

ну. Друге місце за обсягами викидів посідає третинний сектор;

- протягом 2013–2017 рр. спостерігається тенденція зменшення навантаження викидів на кінцевий попит досліджуваних секторів, і особливо в проміжку 2013–2014 рр.;
- був розроблений і реалізований сценарій «зменшення витратності всієї економіки → зміна викидів». Сценарій базується на сценарії академіка В. Глушкова використання моделі В. Леонтьєва. Розрахунки показали еластичність випуску всіх викидів за загальною витратністю економіки. А саме зменшення загальної витратності на 1 % призводить до відносного зменшення випуску всіх викидів на величини 1,41 %, 1,62 %, 1,71 %.

Перспективи подальших досліджень включають:

- розширення схеми розрахунків до 10 ВЕД, 19 ВЕД, 42 ВЕД, 10 видів викидів;
- застосування єдиних методологічних підходів і масивів даних для порівняльних еколого-економічних досліджень та ін. Це стає можливим завдяки запровадженню та вдосконаленню стандартів державного статистичного спостереження в Україні, що відповідають вимогам Європейської статистичної комісії (Євростату);
- розробку схеми «витрати-випуск» з додатковими технологіями «переробка викидів» і квадрантами «міжгалузеві потоки ВЕД на переробку викидів», «додатковий випуск викидів при переробці викидів» для України. Ця схема (схема) отримала назву моделі Леонтьєва-Форда [3].

Автори висловлюють особливу подяку О. Москвіну та І. Нікітіній за зауваження та побажання, що були враховані при підготовці цієї роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рахунок викидів у атмосферне повітря у 2017 році // Державна служба статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua
2. Гіпотеза трьох секторів економіки. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Гіпотеза_трьох_секторів_економіки
3. Леонтьев В., Форд Д. Межотраслевой анализ воздействия структуры экономики на окружающую среду. *Экономика и математические методы*. 1972. Т. 8. № 3. С. 370–399.
4. Леонтьев В. Воздействие на окружающую среду и экономическая структура: межотраслевой подход // Избранные произведения: в 3 т. / науч. ред., вступ. ст. А. Г. Гранберга. Т. 1 : Общеэкономические проблемы межотраслевого анализа. М. : Экономика, 2006. С. 279–302.
5. Леонтьев В. Избранные произведения : в 3 т. Т. 2 : Специальные исследования на основе методологии «затраты-выпуск». М. : Экономика, 2006. - 543с.
6. Ляшенко І. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. Київ : Вища школа, 1999. 236 с.
7. Ляшенко І., Онищенко А. Прямі та двоїсті балансові моделі «витрати-випуск». *Економічна кібернетика*. 2009. № 1. С. 55–63.
8. Кудін Г., Кудін В., Онищенко А. Аналіз мезоекономічної структури виробництва в умовах скорочення емісій парникових газів // VII Міжнародна школа – семінар «Теорія прийняття рішень», 29 вересня – 4 жовтня 2014 р., Ужгород.
9. Кудін В., Онищенко А. Моделювання технологічних змін балансової схеми «витрати-випуск» в умовах дії Паризької угоди. *Економічний аналіз*. 2016. Т. 25. № 1. С. 37–44.
10. Онищенко А., Мостинець В. Магістральні траєкторії прямої та двоїстої динамічної моделі Леонтьєва-Форда. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2010. № 7. С. 265–269.
11. Ogarenko I., Hubacek K. Eliminating Indirect Energy Subsidies in Ukraine: Estimation of Environmental and Socioeconomic Effects Using Input-Output Modeling. *Journal of Economic Structures*. 2013. No. 1.
12. Yastremskii O. A Simulation of Structural Changes in the Economy of the Regions Affected by the Chernobyl Catastrophe // *East European Series 2*. 1994. 25 p.
13. Ermolieva T., Boere E., Biewald A., Havlík P., Mosnier A., Leclère D., Valin H., Frank S., Obersteiner M., Ermoliev Y. Addressing climate change adaptation with a stochastic integrated assessment. *Financial Statistical Journal*. 2018. No. 1.
14. Ermoliev Y. Stochastic Quasigradient Methods: Applications // *Encyclopedia of Optimization* / C. A. Floudas, P. M. Pardalos (eds). Boston, MA : Springer, 2001.
15. Ermolieva T., Havlík P., Ermoliev Y., Mosnier A., Obersteiner M., Leclère D., Khabarov N., Valin H., Reuter W. H. Integrated Management of Land Use Systems under Systemic Risks and Security Targets: A Stochastic Global Biosphere Management Model. *Journal of Agricultural Economics*. 2016.
16. Горбачук В., Ермольєв Ю., Ермольєв Т. До інтегрованого менеджменту басейну Верхньої Росії. *Приазовський економічний вісник*. 2009. № 5. С. 390–400.
17. Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables. Office for Official Publications of the European Communities, European Commission, Luxembourg, 2008.

18. Input-output table, 2016 (Revision 2019), at basic prices – domestic output and imports – Euro bn. URL: <https://www.destatis.de>

19. Кулик В. Аналіз і прогнозування макроструктурних змін у виробничій системі України // Бізнес-моделі розвитку національної економіки та підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи : монографія з міжнародною участю / за ред. Л. М. Савчук, Л. М. Бандоріної. Дніпро : Журфонд, 2018. С. 55–69.

20. Романко С. Господарювання по-новому, або Як кліматична криза змінює економіку. 5 травня 2020. URL: www.epravda.com.ua

21. Ковалець І. Ми знаємо рівні забруднення повітря, але не знаємо що створює забруднення. 17 квітня 2020. URL: www.nas.gov.ua

22. Таблиця «витрати-випуск» України за 2017 рік в основних цінах : стат. зб. / за ред. І. М. Нікітіної. Київ : Держкомстат України, 2019. URL: www.ukrstat.gov.ua

23. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання палива на побутові потреби в домогосподарствах : Наказом Держкомстату від 22.04.2011 № 98. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/104025___104025

24. Методологічні положення зі складання рахунку викидів у атмосферне повітря : Наказ Держкомстату від 19.10.2015 № 298. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2019/280/mp_sr_vap.pdf

25. Методологічні положення з організації державного статистичного спостереження «Таблиця «витрати-випуск» / за ред. І. М. Нікітіної. Київ : Держкомстат України, 2018. 46 с.

26. Навколишнє природне середовище // Державна служба статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua

27. European system of accounts – ESA 2010. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2013.

28. Глушков В. ДИСПЛАН - новая технология планирования. *Управляющие системы и машины*. 1980. № 6. С. 5–10.

29. Ястремський О. Міжгалузева шахівниця невизначеності та її застосування: прогнозування, економічна політика, фінансовий ризик, загальна рівновага. *Кібернетика і системний аналіз*. 2019. № 3. С. 28–36.

30. Ястремський О. Ключові та ефективні види економічної діяльності України. *Вісник економічної науки України*. 2018. № 2. С. 177–182.

REFERENCES

- Ermoliev, Y. "Stochastic Quasigradient Methods: Applications". In *Encyclopedia of Optimization*. Boston, MA: Springer, 2001.
- Ermolieva, T. et al. "Addressing climate change adaptation with a stochastic integrated assessment". *Financial Statistical Journal*, no. 1 (2018).
- Ermolieva, T. et al. "Integrated Management of Land Use Systems under Systemic Risks and Security Targets: A Stochastic Global Biosphere Management Model". *Journal of Agricultural Economics* (2016).
- European system of accounts - ESA 2010*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.
- Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, European Commission, 2008.
- Glushkov, V. "DISPLAN - novaya tekhnologiya planirovaniya" [DISPLAN - A New Planning Technology]. *Upravlyayushchiye sistemy i mashiny*, no. 6 (1980): 5-10.
- "Hipoteza tryokh sektoriv ekonomiky" [Hypothesis of Three Sectors of the Economy]. https://uk.wikipedia.org/wiki/Гіпотеза_трьох_секторів_економіки
- Horbachuk, V., Yermoliev, Yu., and Yermolieva, T. "Do intehrovanooho menedzhmentu baseinu Verkhnoyi Rosi" [To the Integrated Management of the Upper Ros Basin]. *Pryazovskiy ekonomichnyi visnyk*, no. 5 (2009): 390-400.
- "Input-output table, 2016 (Revision 2019), at basic prices - domestic output and imports - Euro bn". <https://www.destatis.de>
- Kovalets, I. "My znaiemo rivni zabrudnennia povitria, ale ne znaiemo shcho stvoriue zabrudnennia" [We Know the Levels of Air Pollution, but We Do not Know What Creates the Pollution]. www.nas.gov.ua
- Kudin, H., Kudin, V., and Onyshchenko, A. "Analiz mezoekonomichnoi struktury vyrobnytstva v umovakh skorochennia emisii parnykovykh haziv" [Analysis of the Mesoeconomic Structure of Production in Terms of Reducing Greenhouse Gas Emissions]. *VII Mizhnarodna shkola - seminar «Teoriia pryiniattia rishen»*. Uzhhorod, September 29 - October 4, 2014.
- Kudin, V., and Onyshchenko, A. "Modeliuvannia tekhnologichnykh zmin balansovoi skhemy «vytraty-vypusk» v umovakh dii Paryzkoï ughody" [Modeling of Technological Changes in the Balance Scheme «Input-Output» under the Terms of the Paris Agreement]. *Ekonomichnyi analiz*, vol. 25, no. 1 (2016): 37-44.
- Kulyk, V. "Analiz i prohnozuvannia makrostrukturnykh zmin u vyrobnychii systemi Ukrainy" [Analysis and Forecasting of Macrostructural Changes in the Production System of Ukraine]. In *Biznes-modeli rozvytku natsionalnoi ekonomiky ta pidpriemnytskykh struktur: suchasni realii ta perspektyvy*, 55-69. Dnipro: Zhurfond, 2018.
- [Legal Act of Ukraine] (2011). https://zakononline.com.ua/documents/show/104025___104025
- [Legal Act of Ukraine] (2015). http://www.ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2019/280/mp_sr_vap.pdf
- Leontev, V. "Vozdeystviye na okruzhayushchuyu sredu i ekonomicheskaya struktura: mezhotraslevoï podkhod" [Environmental Impact and Economic Structure: an Intersectoral Approach]. In *Izbrannyye proizvedeniya. Vol. 1 : Obshcheekonomicheskiye problemy mezhotraslevogo analiza*, 279-302. Moscow: Ekonomika, 2006.
- Leontev, V. *Izbrannyye proizvedeniya. T. 2 : Spetsialnyye issledovaniya na osnove metodologii «zatraty-vypusk»* [Selected Works. Vol. 2: Special Studies Based on the «Input-Output» Methodology]. Moscow: Ekonomika, 2006.
- Leontev, V., and Ford, D. "Mezhotraslevoï analiz vozdeystviya struktury ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu" [Intersectoral Analysis of the Impact of the Structure of the Economy on the Environment]. *Ekonomika i matematicheskiye metody*, vol. 8, no. 3 (1972): 370-399.
- Liashenko, I. *Ekonomiko-matematychni metody ta modeli staloho rozvytku* [Economic and Mathematical Methods and Models of Sustainable Development]. Kyiv: Vyshcha shkola, 1999.
- Liashenko, I., and Onyshchenko, A. "Priami ta dvoisti balansovi modeli «vytraty-vypusk»" [Direct and Dual Balance Models «Input-Output»]. *Ekonomichna kibernetika*, no. 1 (2009): 55-63.
- Metodolohichni polozhennia z orhanizatsii derzhavnoho statystychnoho sposterezhennia «Tablytsia «vytraty-vypusk»* [Methodological Provisions for the Organization of State

Statistical Observation Table «Input-Output»]. Kyiv: Derzhkomstat Ukrainy, 2018.

“Navkolyshnie pryrodne seredovyshe” [The Natural Environment]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. www.ukrstat.gov.ua

Ogarenko, I., and Hubacek, K. “Eliminating Indirect Energy Subsidies in Ukraine: Estimation of Environmental and Socioeconomic Effects Using Input-Output Modeling”. *Journal of Economic Structures*, no. 1 (2013).

Onyshchenko, A., and Mostynets, V. “Mahistralni traiektorii priamoi ta dvoistoi dynamichnoi modeli Leontieva-Forda” [Trunk Trajectories of Direct and Double Leontief-Ford Dynamic Model]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «KPI»*, no. 7 (2010): 265-269.

“Rakhunok vykydiv u atmosferne povitria u 2017 rotsi” [Atmospheric Emissions Account in 2017]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. www.ukrstat.gov.ua

Romanko, S. “Hospodariuvannya po-novomu, abo Yak klimatychna kryza zminiuiе ekonomiku” [Managing in a New Way, or How the Climate Crisis is Changing the Economy]. www.epravda.com.ua

“Tablytsia «vytraty-vypusk» Ukrainy za 2017 rik v osnovnykh tsinakh : stat. zb.” [Table «Input-Output» of Ukraine for 2017 in Basic Prices: A Statistical Collection]. www.ukrstat.gov.ua

Yastremskii, O. “A Simulation of Structural Changes in the Economy of the Regions Affected by the Chornobyl Catastrophe”. *East European Series 2*, 1994.

Yastremskyi, O. “Kliuchovi ta efektyvni vydy ekonomichnoi diialnosti Ukrainy” [Key and Effective Types of Economic Activity of Ukraine]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, no. 2 (2018): 177-182.

Yastremskyi, O. “Mizhhaluzeva shakhivnytsia nevyznachenosti ta yii zastosuvannya: prohnouzuvannya, ekonomichna polityka, fiskalniy ryzyk, zahalna rivnovaha” [Intersectoral Uncertainty Chessboard and Its Application: Forecasting, Economic Policy, Fiscal Risk, General Equilibrium]. *Kibernetyka i systemnyi analiz*, no. 3 (2019): 28-36.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2020 р.