

УДК 330.43

Е. О. Ковпак

кандидат економічних наук, доцент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
elvira.kovpak@karazin.ua

В. Г. Михайленко

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
ec-science@karazin.ua

О. В. Масленнікова

старший викладач
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
ec-science@karazin.ua

РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ УКРАЇНИ

Робота присвячена оцінці та аналізу тісноти взаємозв'язку між загальним обсягом шкідливих викидів в атмосферне повітря України та індикаторами вимірювання валового внутрішнього продукту: ВВП у поточних цінах, ВВП у постійних цінах, «зелений» ВВП.

Проведено аналіз структури джерел шкідливих викидів та показано, що саме економічна діяльність призводить до найбільшого забруднення атмосфери. На підставі екологічного рахунку з охорони атмосферного повітря України за 2015 рік розроблено рейтинг галузей, діяльність яких наносить найбільшої екологічної шкоди.

Використано методи кореляційного аналізу на основі статистичної бази World bank та офіційних даних Держкомстату України. Значущий кореляційний зв'язок виявлено між рядами обсягів шкідливих викидів та ВВП України в постійних цінах 2010 р. в доларовому еквіваленті.

Побудовано модель множинної лінійної регресії для обсягу шкідливих викидів в атмосферу із регресором ВВП України в постійних цінах 2010 р. та з включенням фіктивних змінних. За допомогою інструментарію фіктивних змінних виділено моменти структурних зрушень в динаміці ВВП України, які позначилися на середніх показниках вуглецеємності українського ВВП за відповідні періоди: світова фінансова криза кінця 1998-1999 рр.; світова фінансова криза кінця 2008-2009 рр.; політична та економічна криза в Україні у 2014 р.

Побудовано дві альтернативні прості регресії для обсягу шкідливих викидів, де регресором виступає ВВП України або «зелений» ВВП України в постійних цінах. Ступінь описаної варіації обсягу шкідливих викидів вище у моделі із застосуванням «зеленого» ВВП.

Ключові слова: шкідливі викиди, ВВП, «зелений» ВВП, лінійна регресія, фіктивні змінні.

JEL Classification: C13, C20, Q25.

Е. О. Ковпак

Ph. D. (Economics), Associate Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University
elvira.kovpak@karazin.ua

В. Г. Михайленко

Ph. D. (Physics and Mathematics), Associate Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University
ec-science@karazin.ua

О. В. Масленнікова

Senior Lecturer
V.N. Karazin Kharkiv National University
ec-science@karazin.ua

REGRESSION MODELS OF DYNAMIC OF HARMFUL EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE OF UKRAINE

The paper deals with the analysis of the type and the degree of relationship between the harmful emissions to the atmosphere of Ukraine and indicators of the measurement of gross domestic product: GDP in current prices, GDP in constant prices, "green" GDP.

The analysis of the sources structure of harmful emissions has been carried out and it has been shown that economic activity leads to the greatest contamination of the atmosphere. The rating of the industries that cause the greatest environmental damage has been developed on the basis of the Environmental Account 2015 for the protection of atmospheric air in Ukraine.

The methods of correlation analysis are applied. The World Bank and State Statistics Service of Ukraine database is used. The closest correlation dependence was found out between the volumes of harmful emissions and GDP of Ukraine in constant prices 2010 in USD.

The model of multiple linear regression for harmful emissions from GDP of Ukraine with the use of dummy-variables has been constructed.

Two alternative simple regressions for the volume of harmful emissions have been constructed: with GDP of Ukraine in constant prices or with the "green" GDP of Ukraine. The share of described variation in the model with "green" GDP is higher.

Key words: harmful emissions, GDP, "green" GDP, linear regression, dummy variables.

JEL Classification: C13, C20, Q25.

Э. А. Ковпак

кандидат экономических наук, доцент

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

elvira.kovpak@karazin.ua

В. Г. Михайленко

кандидат физико-математических наук, доцент

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

ec-science@karazin.ua

Е. В. Масленникова

старший преподаватель

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

ec-science@karazin.ua

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ УКРАИНЫ

Работа посвящена оценке и анализу тесноты взаимосвязи между общим объемом вредных выбросов в атмосферу Украины и индикаторами измерения валового внутреннего продукта: ВВП в текущих ценах, ВВП в постоянных ценах, «зеленый» ВВП.

Проведен анализ структуры источников вредных выбросов и показано, что именно экономическая деятельность приводит к наибольшему загрязнению атмосферы. На основании экологического счета по охране атмосферного воздуха Украины за 2015 г. разработан рейтинг отраслей, деятельность которых наносит наибольший экологический ущерб.

Использованы методы корреляционного анализа на основе статистической базы World bank и официальных данных Госкомстата Украины. Значимая корреляционная связь обнаружена между рядами объемов вредных выбросов и ВВП Украины в долларовом эквиваленте в постоянных ценах 2010.

Построена модель множественной линейной регрессии для объема вредных выбросов в атмосферу с регрессором ВВП Украины в постоянных ценах 2010 и с включением фиктивных переменных. С помощью инструментария фиктивных переменных выделены моменты структурных сдвигов в динамике ВВП Украины, которые отразились на средних показателях углеродоемкости украинского ВВП за соответствующие периоды: мировой финансовый кризис конца 1998-1999 гг.; мировой финансовый кризис конца 2008-2009 гг.; политический и экономический кризис в Украине в 2014.

Построены две альтернативные простые регрессии для объема вредных выбросов, где регрессором выступает ВВП Украины или «зеленый» ВВП Украины в постоянных ценах. Доля описанной вариации объема вредных выбросов выше в модели с включением «зеленого» ВВП.

Ключевые слова: вредные выбросы, ВВП, «зеленый» ВВП, линейная регрессия, фиктивные переменные.

JEL Classification: C13, C20, Q25.

Постановка проблеми. В останні десятиліття практично у всіх країнах посилюлися вимоги національних законодавств і нормативів з охорони навколишнього середовища. Цивілізована екологічна політика України є однією з невід'ємних частин європейського інтеграційного процесу.

Визначення шкідливих викидів надається в ЗУ «Про охорону атмосферного повітря»: шкідливий викид – це «надходження в атмосферне повітря забруднюючих речовин або суміші таких речовин». Забруднююча речовина – «речовина хімічного або біологічного походження,

що присутня або надходить в атмосферне повітря і може прямо або опосередковано справляти негативний вплив на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища».

В рамках Паризької угоди Україна взяла на себе зобов'язання скоротити до 2030 року обсяги викидів парникових газів від рівня 1990 року: до 60% за інвестиційно-активним сценарієм і до 45% - за песимістичним сценарієм.

Загальна постановка проблеми полягає у моніторингу, прогнозуванні та визначенні механізмів зменшення обсягів шкідливих викидів в атмосферне повітря України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Моделювання динаміки шкідливих викидів різними дослідниками головним чином здійснювалось в рамках таких типів моделей: (а) імітаційних моделей; (б) моделей регресії; (в) математичні моделі турбулентної дифузії (Олійник, 2015), та так звані «гаусовські» математичні моделі, що рекомендовані Агентством з охорони навколишнього середовища США (EPA, 2017); (г) модифікованих моделей міжгалузевого балансу (модель Леонтьєва-Форда (Леонтьєв, 1972), модель Хьюза (Голуб, 2001) та інші їх варіанти).

Мета статті – розробка та оцінка параметрів моделей множинної лінійної регресії для прогнозування обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферу України.

Основні результати. За даними 2015 р. 98% в структурі шкідливих викидів в атмосферне повітря України займав діоксид вуглецю (*Екологічний рахунок з охорони атмосферного повітря у 2015 році, 2016*). Викиди CO₂ в атмосферу України від економічної діяльності майже у 3.5 рази перевищують ніж викиди цього газу домогосподарствами (див. рис. 1). Отже, саме економічна діяльність призводить до найбільшого забруднення атмосфери.

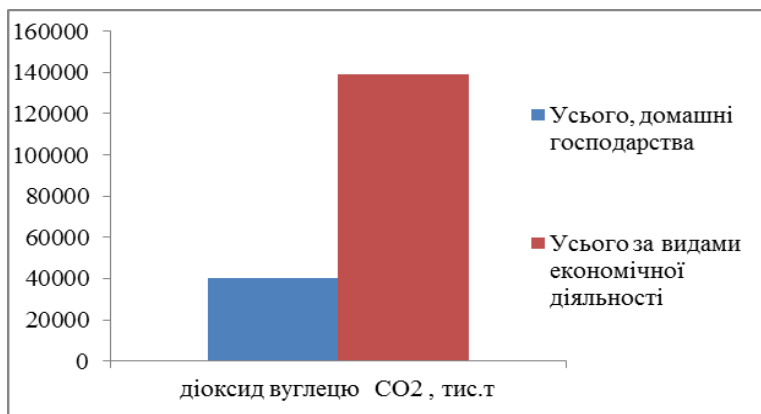


Рис. 1 Структура викидів діоксиду вуглецю у 2015 р.

Джерело: побудовано авторами на підставі (*Екологічний рахунок з охорони атмосферного повітря у 2015 році, 2016*)

Згідно з даними, оприлюдненими у екологічному рахунку з охорони атмосферного повітря за 2015 рік (*Екологічний рахунок з охорони атмосферного повітря у 2015 році, 2016*), рейтинг галузей, діяльність яких наносить найбільшої шкоди атмосферному повітрю України, такий:

1 місце – галузь постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (загалом 73.2 млн тонн шкідливих речовин за 2015 рік),

2 місце – переробна промисловість (58.2 млн тонн за 2015 рік),

3 місце – добувна промисловість і розроблення кар'єрів (біля 3 млн тонн за 2015 рік),

4 місце – транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність (2.5 млн тонн за 2015 рік),

5 місце – сільське, лісове та рибне господарства (1.2 млн тонн за 2015 рік),

6 місце – оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів (1.1 млн тонн викидів за 2015 рік).

Усі інші види економічної діяльності призводять до сумарних шкідливих викидів у атмосферу загалом менше ніж 0.5 млн. тонн на рік (рис. 2).



Рис. 2 Структура шкідливих викидів в атмосферу за видами економічної діяльності (на підставі даних за 2015 рік), тонн.

Джерело: побудовано авторами на підставі (Екологічний рахунок з охорони атмосферного повітря у 2015 році, 2016)

До речі, кореляція між величинами випуск галузі та сумарна величина шкідливих викидів в атмосферу на даних за 2015 рік складає 0.52, тобто можна визнати значущий лінійний ймовірнісний зв'язок між ними.

Кореляційний аналіз взаємозв'язку обсягів шкідливих викидів та ВВП України.

Очевидним представляється зв'язок між обсягами виробництва національного продукту та викидами шкідливих речовин в атмосферне повітря. Так, у дослідженні (Орешняк, 2013) виявлено кореляційний зв'язок між:

1) темпами зростання ВВП на одну особу за паритетом купівельної спроможності (за ПКС) та зміною кількості викидів двоокису вуглецю (CO₂);

2) зміною викидів CO₂ та зміною часток окремих секторів економіки.

Задля об'єктивності вимірювання показника ВВП України візьмемо статистичні дані, що наведено Всесвітнім банком у млн. дол. США (World Bank, 2017) (табл.1).

Коефіцієнт детермінації для моделі регресії виду (1) складає лише 0.54, тобто ступінь описаної варіації величини шкідливих викидів в рамках такої моделі є незадовільною:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 GDP, \quad (1)$$

де Y – «Обсяги викидів забруднюючих речовин» в Україні, тис. т. (показник, що оприлюднюється Держкомстатом України (Держкомстат, 2017), GDP – ВВП України у цінах 2010 року, у млн дол. США.

Регресія обсягів шкідливих викидів від ВВП із фіктивними змінними. Виділимо точки структурних зрушень в динаміці ВВП України, опираючись на дані про моменти розгортання кризових явищ в економіці України:

- 1) світова фінансова криза кінця 1998-1999 рр.
- 2) світова фінансова криза кінця 2008-2009 рр.
- 3) політична та економічна криза в Україні у 2014 р.

Кореляційний аналіз для рядів «Обсяги викидів забруднюючих речовин» та показниками вимірювання ВВП України за період 1990–2016 рр.

Показник	GDP growth (annual %)	GDP (current mln US\$)	GDP (constant 2010 mln US\$)	GDP, PPP (current international mln \$)
Коефіцієнт кореляції із рядом «Обсяги викидів забруднюючих речовин», тис.т	-0,35	-0,035	0,737	0,153

Джерело: оцінено авторами на підставі офіційних даних (Держкомстат, 2017; World Bank, 2017)

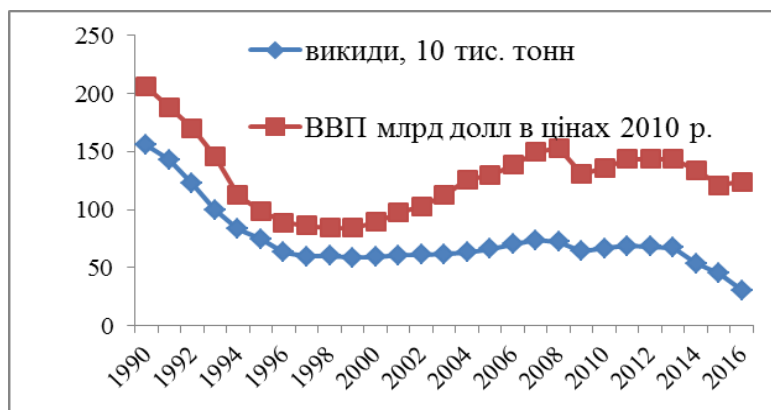


Рис. 3 Співставлення динаміки рядів ВВП України (млрд дол. у цінах 2010 року) та динаміки викидів забруднюючих речовин (10 тис. тонн)

Джерело: складено авторами на підставі офіційних даних (Держкомстат, 2017; World Bank, 2017)

Щоб оцінити в регресії можливі зміни у лінійному взаємозв'язку обсягів шкідливих викидів та ВВП України, введемо фіктивні змінні відповідно до таких правил:

$$\begin{cases}
 GDP_t^* = GDP, & \text{якщо } t < 1999, \\
 GDP_t^* = 0, & \text{якщо } t > 1998. \\
 GDP_t^{**} = GDP, & \text{якщо } 1998 < t < 2009, \\
 GDP_t^{**} = 0, & \text{якщо } t > 2008 \text{ та } t < 1999. \\
 GDP_t^{***} = GDP, & \text{якщо } 2008 < t < 2014, \\
 GDP_t^{***} = 0, & \text{якщо } t > 2013 \text{ та } t < 2009. \\
 GDP_t^{****} = GDP, & \text{якщо } t < 2013, \\
 GDP_t^{****} = 0, & \text{якщо } t > 2014. \\
 d_1 = 0, & \text{якщо } t < 1999, \\
 d_1 = 1, & \text{якщо } t > 1998. \\
 d_2 = 0, & \text{якщо } t < 2009, \\
 d_2 = 1, & \text{якщо } t > 2008. \\
 d_3 = 0, & \text{якщо } t < 2014, \\
 d_3 = 1, & \text{якщо } t > 2013.
 \end{cases} \quad (2)$$

Сформовану відповідно до формул (2) таблицю вихідних даних представлено у табл. 2. Оцінена методом найменших квадратів модель лінійної регресії для обсягу шкідливих викидів в атмосферу України матиме вигляд:

$$\hat{Y} = -513.96 + 0.077GDP_t^* + 0.022GDP_t^{**} + 0.025GDP_t^{***} + 0.11GDP_t^{****} + 4405.37d_1 - 738.34d_2 - 12165.7d_3$$

(3)

Таблиця 2

Вихідні та розрахункова змінні за моделлю регресії (3)

Рік	Фактичний обсяг викидів Y	GDP*	GDP**	GDP***	GDP****	d ₁	d ₂	d ₃	Розрахункові значення викидів Y _{mod}	Відносна похибка апроксимації
1990	15549.4	205771.64	0	0	0	0	0	0	15328.6	1.42%
1991	14315.4	188464.92	0	0	0	0	0	0	13996.1	2.23%
1992	12269.7	170185.71	0	0	0	0	0	0	12588.8	2.60%
1993	10015	145974.91	0	0	0	0	0	0	10724.8	7.09%
1994	8347.4	112496.96	0	0	0	0	0	0	8147.3	2.40%
1995	7483.5	98772.328	0	0	0	0	0	0	7090.6	5.25%
1996	6342.3	88895.096	0	0	0	0	0	0	6330.1	0.19%
1997	5966.2	86228.243	0	0	0	0	0	0	6124.8	2.66%
1998	6040.8	84589.906	0	0	0	0	0	0	5998.7	0.70%
1999	5853.4	0	84420.73	0	0	1	0	0	5728.1	2.14%
2000	5908.6	0	89401.55	0	0	1	0	0	5836.4	1.22%
2001	6049.5	0	97626.49	0	0	1	0	0	6015.4	0.56%
2002	6101.9	0	102703.1	0	0	1	0	0	6125.8	0.39%
2003	6191.3	0	112357.2	0	0	1	0	0	6335.9	2.33%
2004	6325.9	0	125952.4	0	0	1	0	0	6631.6	4.83%
2005	6615.6	0	129353.1	0	0	1	0	0	6705.6	1.36%
2006	7027.6	0	138795.9	0	0	1	0	0	6911.1	1.66%
2007	7380	0	149760.7	0	0	1	0	0	7149.6	3.12%
2008	7210.3	0	153205.2	0	0	1	0	0	7224.6	0.20%
2009	6442.9	0	0	130530.9	0	1	1	0	6479.1	0.56%
2010	6678	0	0	136013.2	0	1	1	0	6618.8	0.89%
2011	6877.3	0	0	143447	0	1	1	0	6808.2	1.00%
2012	6821.1	0	0	143789.4	0	1	1	0	6817.0	0.06%
2013	6719.8	0	0	143750.9	0	1	1	0	6816.0	1.43%
2014	5346.2	0	0	0	134331.5	1	1	1	5139.0	3.88%
2015	4521.3	0	0	0	121203.3	1	1	1	3756.0	16.93%
2016	3078.1	0	0	0	124000.2	1	1	1	4050.6	31.59%

Джерело: складено авторами на підставі офіційних даних (Держкомстат, 2017; World Bank, 2017)

Модель (3) є адекватною за критерієм Фішера, коефіцієнт детермінації складає 0.986, середня відносна похибка апроксимації лише 3.66% - загалом модель можна рекомендувати для цілей прогнозування.

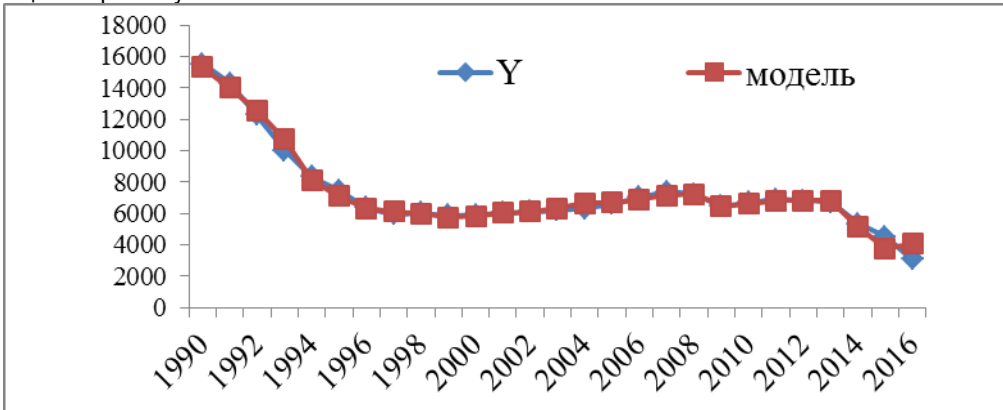


Рис. 4 Порівняння фактичної динаміки викидів шкідливих речовин та розрахункових значень за моделлю (3), 1990–2016 рр., тис. тонн

Джерело: розрахунки авторів

Усі коефіцієнти регресії біля фіктивних змінних GDP_t позитивні, бо зв'язок між обсягами виробництва ВВП та викидами забруднюючих речовин прямий. Але в моделі (3) значення оцінок коефіцієнтів регресії біля ВВП змінюються в різні періоди: оцінка параметру дорівнює 0.77 тис.т/млн.дол. у період 1990–1998 роки, 0.022 тис.т/млн.дол. – у 1999–2008 роки, 0.025 тис.т/млн.дол. – у періоді 2009–2013 роки, 0.11 тис.т/млн.дол. – у періоді 2014–2016 роки. За змістом коефіцієнти регресії біля GDP_t аналогічні показникам вуглецеємності. Вуглецеємність ВВП України, дійсно, має убутний тренд з 1998 року до 2014 р. із незначними сплесками у посткризових 2003, 2010 роках (див. динаміку вуглецеємності українського ВВП на рис. 5).

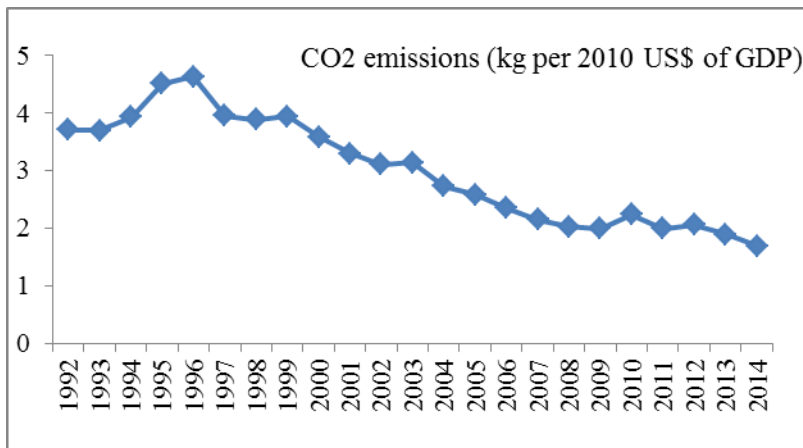


Рис. 5 Динаміка вуглецеємності ВВП України, 1992–2014 рр.

Джерело: побудовано авторами за даними (World Bank, 2017)

В аналітичному звіті (Сіденко, Веклич, 2016) відзначається, що обсяги реального ВВП сектору промисловості з 1990 р. скоротились у 2014 р. майже у 3 рази, чого не спостерігалось у жодній країні світу. Спостережуване зниження енергоємності (а відповідно і вуглецеємності) ВВП України визначалось більшим чином за рахунок структурного та ресурсного, а не технологічного характеру. Так, частка сфери послуг у ВВП з 1990р. зросла на 33%, досягнувши 62,8% у 2014р. (Сіденко, Веклич, 2016).

Регресійна модель для шкідливих викидів із включенням «зеленого» ВВП України.

Науковці, що досліджують економічні питання шкоди від економічної діяльності навколишньому середовищу, запропонували оцінювати зростання національних економік не загальноприйнятими показниками ВВП, а показником ВВП, скорегованим з врахуванням шкоди, нанесеної природі такими темпами економічного зростання.

«Зелений» ВВП передбачає віднімання із традиційного ВВП вартісних показників витрат природних ресурсів і деградації навколишнього середовища, щоб мати можливість з'ясувати, чи перевищить ВВП економічний дохід, якщо випуск досягається за рахунок вичерпання природного капіталу. «Зелений» ВВП оцінюється згідно формулі (Веклич, Шлапак 2011):

$$\text{«Green GDP»} = \text{GDP} - \text{CNR} - \text{ED} - \text{EPE}, \quad (4)$$

де «Green GDP» – зелений ВВП,

GDP – ВВП,

CNR – споживання природних ресурсів (зменшення запасів природних ресурсів),

ED – деградація навколишнього середовища (environmental harm due to economic activity),

EPE – витрати на охорону навколишнього середовища.

Не всі країни ввели показник зеленого ВВП до обов'язкових статистичних показників. В Україні офіційно такий показник не розраховується, бо наразі недостає всіх даних для його обрахунку.

У роботі (Веклич, Шлапак 2011) надаються результати власноруч розрахованого авторами «зеленого» ВВП України (див. табл. 3).

Коефіцієнт парної кореляції між рядами звичайного та «зеленого» ВВП складає 0.99, а кореляція між «зеленим» ВВП та обсягами викидів забруднюючих речовин – 0.878.

Таблиця 3

Оцінка «зеленого» ВВП України

Рік	GDP in mln usd	Green GDP, mln usd
2001	38009	36131
2002	42939	40366
2003	50133	47916
2004	64881	62772
2005	86142	81904
2006	107753	102726
2007	142719	135042
2008	179992	168344
2009	117228	111521
2010	136419	127916

Джерело: (Веклич, Шлапак 2011)

У зв'язку із тим, що показник зеленого ВВП враховує не лише економічний, але й екологічний аспект економічного зростання, то доцільніше для цілей прогнозування динаміки шкідливих викидів застосовувати саме його. Це підтверджують і результати регресійного аналізу: коефіцієнт детермінації для простої регресії викидів від зеленого ВВП вище за значення R^2 в аналогічній регресії, але зі звичайним ВВП України (див. табл. 4).

Сама якість моделей, регресійна статистика за якими представлена у табл. 4, незадовільна для моделювання динаміки шкідливих викидів. Побудова регресії викидів залежно від зеленого ВВП можлива по аналогії з моделлю (3), якщо в наявності будуть дані щодо актуальних значень «зеленого» ВВП України.

Порівняння результатів оцінки простої регресії шкідливих викидів від «зеленого» та звичайного ВВП України в 2001–2010 рр.

Показник	Регресія з ВВП України	Регресія із «зеленим» ВВП України
Рівняння	$\hat{Y} = 5775.6 + 0.0086GDP$	$\hat{Y} = 5761.6 + 0.0092GDP_{green}$
Коефіцієнт детермінації	0.766	0.771
Статистика Фішера	26.21	27.00

Джерело: розрахунки авторів на підставі даних (Держкомстат, 2017; Веклич, Шлапак 2011)

Висновки. За результатами проведеного аналізу можна зробити такі висновки. В Україні саме економічна діяльність підприємств наносить суттєвої екологічної шкоди, отже для прогнозування величини шкідливих викидів доцільне використання регресійних моделей із включенням індикаторів валового внутрішнього продукту. Значущий кореляційний зв'язок виявлено між рядами загального обсягу шкідливих викидів та ВВП України в постійних цінах 2010 р. в доларовому еквіваленті.

Модель регресії для шкідливих викидів від ВВП України побудовано із включенням фіктивних змінних, щоб виокремити періоди в розвитку національної економіки, під час яких ступінь вуглецеємності змінювалася через структурні зміни в економіці країни.

Для моделювання та розробки прогнозів шкідливих викидів доцільно використовувати не звичайний показник ВВП країни, а «зелений» ВВП, бо у методології його оцінки враховано в тому числі витрати на охорону навколишнього середовища. Ступінь описаної варіації шкідливих викидів в атмосферне повітря України вище саме у простій регресії із застосуванням «зеленого» ВВП.

Література

- 3У «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
- Air Quality Dispersion Modeling – Alternative Models. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models>
- Олійник А. П. Математичне моделювання процесів забруднення ґрунтів як результату технологічних процесів / А. П. Олійник, А. А. Мороз // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 1(4). – С. 4–9. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_1%284%29__2
- Леонтьев В. В. Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду / В. В. Леонтьев, Д. Форд // Экономика и математические методы. – 1972. – Т. 8. – Вып. 3. – С. 370 – 400.
- Рыночные методы управления окружающей средой: учеб. пособ. [Электронный ресурс] / А. Голуб, Е. Струкова, Д. Дудек, Г. Сафонов. Москва – Вашингтон, 2001. – 142 с. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3300653/page:40/>
- Екологічний рахунок з охорони атмосферного повітря у 2015 році [Електронний ресурс] / Держкомстат України. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/norm_rozd/nps.htm
- Орешняк В.Л. Структурні зрушення в сучасній економіці при переході до сталого розвитку: автореферат дисертації на здобуття наук.ступеню к.е.н. «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» Міністерства освіти і науки України, м. Київ, - 2013. – 18 с.
- World Bank Indicators for Ukraine. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.worldbank.org/indicator>
- Офіційний сайт Державного комітету статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

10. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект [Електронний ресурс]: аналітична доповідь; за заг. ред. В.Р. Сіденка та О.О. Веклич. – Київ: Заповіт, Центр Разумкова. - 2016. – 208 с. – Режим доступу: http://old.razumkov.org.ua/upload/2016_Klimat.pdf
11. «Зелений» ВВП [Електронний ресурс] / Вікіпедія. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Green_gross_domestic_product
12. Veklych O., Shlapak M. Green GDP as an indicator of environmental cost of economic growth in Ukraine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://archive.org/stream/GreenGdpAsAnIndicatorOfEnvironmentalCostOfEconomicGrowthInUkraine/Veklych.Shlapak.GreenGdpAsAnIndicatorOfEnvironmentalCostOfEconomicGrowthOfUkraine_djvu.txt

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine (1992 October 16). Law of Ukraine "On Atmospheric Air Protection". Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
2. Air Quality Dispersion Modeling – Alternative Models. Retrieved from <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models>
3. Olijnik, A.P., & Moroz, A.A. (2015). Mathematical modeling of soil contamination processes as a result of technological processes. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 1(4), 4-9. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_1%284%29__2 (In Ukrainian)
4. Leontieff, V. V., Ford, D. (1972). Interdisciplinary analysis of the influence of economic structure on the environment. Moscow: Economics and Mathematical Methods. (In Russian)
5. Golub A., Strukova E., Dudek D., Safonov G.. (2001) Market methods of environmental management. Moscow, Washington, 142 p. Retrieved from <https://studfiles.net/preview/3300653/page:40/> (In Russian)
6. Environmental Account for the protection of atmospheric air in 2015. Retrieved from http://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/norm_rozd/nps.htm (In Ukrainian)
7. Oreshnyak V.L. (2013) Structural shifts in the modern economy in the transition to sustainable development: the thesis of the dissertation on the achievement of sciences Ph.D. (Economics) "Vadym Hetman Kyiv National Economic University" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 18 p. (In Ukrainian)
8. World Bank Indicators for Ukraine. Retrieved from: <http://data.worldbank.org/indicator>
9. Official site of the State Statistics Committee of Ukraine. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/>
10. Sidenka, V. R., Veklych, O. O. (2016). Ukraine and the policy of counteraction to climate change: the economic aspect: an analytical report. Kyiv: Zapovit. Retrieved from http://old.razumkov.org.ua/upload/2016_Klimat.pdf[in Ukrainian]
11. "Green" GDP. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Green_gross_domestic_product
12. Veklych O., Shlapak M. Green GDP as an indicator of environmental cost of economic growth in Ukraine. Retrieved from: https://archive.org/stream/GreenGdpAsAnIndicatorOfEnvironmentalCostOfEconomicGrowthInUkraine/Veklych.Shlapak.GreenGdpAsAnIndicatorOfEnvironmentalCostOfEconomicGrowthOfUkraine_djvu.txt