

МЕТОДИКА ІНТЕГРАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В УМОВАХ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ЕКОНОМІКИ

© 2017 ПЕТРАКОВ Я. В., ГНЕДИНА К. В.

УДК 502.21:504

Петраков Я. В., Гнедіна К. В.

Методика інтегрального оцінювання впливу альтернативної енергетики на навколишнє середовище в умовах нестационарної економіки

Необхідність зниження антропогенного навантаження, подолання загроз екологічній безпеці та забезпечення еколого-орієнтованого розвитку є одними з основних глобальних викликів сучасності. Водночас заміщення традиційних джерел альтернативними потребує кількісної оцінки прямого й опосередкованого впливу на довкілля. Проаналізовано динаміку та структуру забруднення в Україні в розрізі основних джерел і форм забруднень та їх вплив на вуглецеву продуктивність ВВП. Запропоновано проводити оцінювання впливу альтернативної енергетики на навколишнє середовище в умовах нестационарної економіки за допомогою інтегрального індикатора, який би враховував низку факторів, зокрема зміну частки відновлюваних джерел енергії у загальному первинному постачанні енергії, зміну частки виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, індекс парникових газів за сектором енергетики, зміну якості атмосферного повітря у міському населеному пункті, обсяг інвестицій у скорочення викидів CO₂, вуглецеємність виробництва енергії, частку потужностей у тепловій генерації, що відповідає екологічним вимогам ЄС.

Ключові слова: навколишнє середовище, альтернативна енергетика, забруднення, викиди, генерація.

Рис.: 2. **Табл.:** 2. **Формул.:** 12. **Бібл.:** 12.

Петраков Ярослав Валерійович – кандидат економічних наук, доцент, провідний науковий співробітник, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна)

E-mail: yacherny@ukr.net

Гнедіна Катерина Володимирівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування і аудиту, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна)

E-mail: gkv2015oa@gmail.com

УДК 502.21:504

UDC 502.21:504

Петраков Я. В., Гнедина Е. В. Методика интегральной оценки воздействия альтернативной энергетики на окружающую среду в условиях нестационарной экономики

Необходимость снижения антропогенной нагрузки, устранение угроз экологической безопасности и обеспечение эколого-ориентированного развития является одним из глобальных вызовов современности. Одновременно замещение традиционных источников альтернативными требует количественной оценки прямого и опосредованного влияния на среду. Проанализированы динамика и структура загрязнения в Украине в разрезе основных источников и форм, а также их влияние на углеродную производительность ВВП. Предложено проводить оценку воздействия альтернативной энергетики на окружающую среду в условиях нестационарной экономики с помощью интегрального индикатора, включающего ряд факторов, в частности – изменение доли возобновляемых источников энергии в общих первичных поставках энергии, изменение доли производства электроэнергии из возобновляемых источников, индекс парниковых газов по сектору энергетики, изменение качества атмосферного воздуха в городском населенном пункте, объем инвестиций в сокращение выбросов CO₂, углеродоемкость производства энергии, долю мощностей в тепловой генерации, соответствующую экологическим требованиям ЕС.

Ключевые слова: окружающая среда, альтернативная энергетика, загрязнение, выбросы, генерация.

Рис.: 2. **Табл.:** 2. **Формул.:** 12. **Библ.:** 12.

Петраков Ярослав Валерьевич – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина)

E-mail: yacherny@ukr.net

Petrakov Ia. V., Hnedina K. V. The Methodology for Integral Assessment of the Impact of Renewable Energy on the Environment under Non-Stationary Economy

The need to reduce anthropogenic load, eliminate threats to environmental safety and provide ecologically oriented development are one of the main global challenges of our time. At the same time, the replacement of traditional energy sources with alternatives ones requires a quantitative assessment of direct and indirect environmental impacts. The article analyzes the dynamics and structure of pollution in Ukraine in terms of its sources and forms as well as their impact on the carbon productivity of the GDP. It is proposed to assess the impact of alternative energy on the environment under non-stationary economy using an integral indicator that takes into account a number of factors, in particular the change in the share of RES in the total primary energy supply, share of renewable energy production, the index of greenhouse gases by the energy sector, change in the quality of atmospheric air in the urban populated area, amount of investment in reducing CO₂ emissions, carbon intensity of energy production, share of thermal generation capacity that meets the ecological requirements of the EU.

Keywords: environment, renewable energy, pollution, emissions, generation.

Fig.: 2. **Tbl.:** 2. **Formulae:** 12. **Bibl.:** 12.

Petrakov Iaroslav V. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Leading Researcher, Chernihiv National Technological University (95 Shevchenka Str., Chernihiv, 14027, Ukraine)

E-mail: yacherny@ukr.net

Hnedina Kateryna V. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Accounting, Taxation and Audit, Chernihiv National Technological University (95 Shevchenka Str., Chernihiv, 14027, Ukraine)

E-mail: gkv2015oa@gmail.com

Гнедина Катерина Владимировна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри бухгалтерського учета, налогообложения і аудита, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна)

E-mail: gkv2015oa@gmail.com

Вступ. Необхідність зниження антропогенного навантаження, подолання загроз екологічній безпеці та забезпечення еколого-орієнтованого розвитку є одним із основних глобальних викликів сучасності. В умовах зростання енергоспоживання й енергомисткості національної економіки посилюється вплив енергетичного сектора на навколишнє природне середовище. Функціонування об'єктів, які виробляють електричну та теплову енергію з традиційних джерел, спричиняє негативні екологічні наслідки, що починаються на стані довкілля в цілому та здоров'ї людей зокрема. Саме тому пріоритетним напрямом розвитку енергетичного сектора має бути подальше освоєння альтернативних джерел і заміщення ними традиційної енергії. В Україні відбувається поступове освоєння відновлюваних джерел енергії, що дозволяє певною мірою зменшити навантаження на навколишнє природне середовище. Для обґрунтування доцільності заміщення традиційних джерел альтернативними слід кількісно виміряти й оцінити позитивний екологічний ефект, а також врахувати всі можливі наслідки реалізації проектів альтернативної енергетики. Це, своєю чергою, вимагає розробки методики інтегральної оцінки впливу альтернативної енергетики на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню впливу енергетичного сектора на довкілля, вивченню взаємозв'язку між енергетикою та станом навколишнього природного середовища, виокремленню факторів впливу енергоринку на довкілля, висвітленню екологічних аспектів виробництва енергії, розробці теоретико-методичних і практичних основ екологізації діяльності енергетичних підприємств присвячені праці широкого кола вітчизняних науковців, серед них: А. А. Долінський, Т. П. Нечаєва, С. В. Шульженко, М. І. Воропай, Г. В. Славін, М. Б. Чельцов, Д. П. Сас, М. В. Парасюк, Р. З. Подолець, В. А. Маляренко, Б. В. Яценко, Г. Б. Варламов, А. В. Лисак, Г. М. Любчик. Методичні підходи до проведення екологічної оцінки та питання впливу енергетичних об'єктів на довкілля висвітлені у працях таких учених, як І. Б. Абрамов, В. Г. Левчій, Я. О. Адаменко, Е. І. Ашикова, Т. В. Козуля, А. М. Коневич, Д. І. Ємельянова, Т. В. Кундельська та ін. Екологічні аспекти альтернативної енергетики розглянуті у працях таких дослідників, як В. А. Маляренко, А. В. Лисак, А. П. Скібінський, В. Г. Петрук, В. В. Кухарчук, І. А. Вінклер, Я. Ю. Тевтуль.

Достатня увага дослідженню ролі використання відновлюваних джерел енергії у забезпеченні екологічної безпеки та впливу альтернативної енергетики на довкілля приділена у наукових роботах таких зарубіжних учених, як: Ф. Спеллман, Н. Панвар, С. Каушкі, С. Котхарі, Х. Лунд, А. Кларк, П. Крюгер, Є. Клугманн-Радзіємска, Д. Міллс та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. За наявності численних наукових доробок

у сфері альтернативної енергетики потребують визначення методичні підходи до оцінювання її впливу на довкілля.

Метою цієї статті є розробка пропозицій до інтегрального оцінювання впливу альтернативної енергетики на навколишнє середовище в умовах нестаціонарної економіки.

Викладення основного матеріалу дослідження. Функціонування енергетичного сектора країни позначається на рівні екологічної безпеки, яка є невід'ємною та ваговою складовою системи національної безпеки України. Екологічна безпека може бути забезпечена у разі екологічно ефективного функціонування усіх підсистем національної економічної системи, що вимагає переорієнтації функціонування суб'єктів господарювання усіх секторів економіки, в тому числі енергетичного, на засади екологічно безпечного розвитку та принципи екологічності. Для зростання рівня екологічної ефективності й енергоефективності економічної системи України та наближення до європейських норм має бути реалізована низка реформ у різних сферах людської діяльності. Необхідною умовою усунення загроз екологічній безпеці, які формуються через функціонування паливно-енергетичного комплексу України, є освоєння та використання екологічно чистих джерел енергії та поступове заміщення ними традиційних джерел. Енергоефективність національної економічної системи має забезпечуватися разом із урахуванням екологічних ефектів від розвитку тих чи інших видів виробництва енергії.

Підприємства з виробництва та постачання електричної та теплової енергії (АЕС, ГЕС, ТЕС, ТЕЦ та інші) належать до потенційно небезпечних об'єктів, є стаціонарними джерелами забруднення довкілля, а їх функціонування спричиняє загрози екологічній безпеці. До переліку об'єктів, які є найбільшими забруднювачами довкілля в Україні по викидах в атмосферне повітря, наведеному Міністерством екології та природних ресурсів, належать 33 підприємства, серед яких значна кількість ТЕС (табл. 1). Генерація енергії супроводжується викидами шкідливих речовин в атмосферу, у тому числі парникових газів, що призводить до незворотних екологічних змін і впливає на здоров'я людини. Парникові гази, основними серед яких є діоксид вуглецю (CO_2), метан (CH_4), оксид азоту (N_2O), гідрофторвуглеці, перфторвуглеці та гексафторид сірки (SF_6), затримують інфрачервоне випромінювання земної поверхні, спричиняючи глобальне потепління [1].

Паливно-енергетичний комплекс є найбільш вразливим до змін клімату, від напрямів його розвитку залежать майбутні викиди парникових газів в Україні [2].

Аналіз структури викидів забруднюючих речовин у атмосферу по Україні за видами економічної діяльності у 2016 році свідчить, що 46 % усіх викидів було утворено в процесі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (рис. 1).

Таблиця 1

Перелік об'єктів, які є найбільшими забруднювачами довкілля в Україні по викидах в атмосферне повітря

№ з / п	Назва об'єкта	Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис. т		№ з / п	Назва об'єкта	Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис. т	
		2015 р.	2016 р.			2015 р.	2016 р.
1	ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	275,08	272,85	18	ВП «Зуївська ТЕС» ТОВ «Східенерго»	55,891	53,67
2	ПРАТ «ММК ім. Ілліча»	171,694	178,137	19	ПАТ «Запорізький меткомбінат «Запоріжсталь»	59,124	50,719
3	ВП «Бурштинська ТЕЦ» ПАТ «ДТЕК Західенерго»	197,958	168,489	20	ПАТ «Південний гірничозбагачувальний комбінат»	50,121	50,121
4	ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго» (Криворізька ТЕС)	66,827	146,069	21	ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»		47,192
5	Вуглегірської ТЕС ПАТ «Центренерго»	105,695	141,749	22	Добровірська ТЕС	40,566	44,898
6	ПРАТ «ДТЕК Павлоград-вугілля»	129,192	124,475	23	ПРАТ «Єнакієвський металургійний завод»	41,791	42,725
7	ВП «Курахівська ТЕС» ТОВ «ДТЕК Східенерго»	112,393	121,16	24	ПАТ «Нікопольський завод феросплавів»	24,941	24,942
8	Старобешівська ТЕС» ПАТ «Донбасенерго»	81,278	96,999	25	ТОВ «МЗ «Дніпросталь»	22,6	
9	ВП Запорізька ТЕС ПАТ ДТЕК «Дніпроенерго»	103,253	91,303	26	ПАТ «Черкаське хімволокно»	18,247	18,159
10	ПАТ «Дніпровський меткомбінат»	94,929	84,887	27	КЕП «Чернігівська ТЕЦ» ТОВ фірми ТехНова»	13,115	16,636
11	ПРАТ «МК «Азовсталь»	67,684	78,06	28	ТОВ «Євро - реконструкція»	13,6	14,918
12	ПАТ «Центренерго» (Трипільська ТЕС)	55,483	74,713	29	Філія «Теплоелектроцентраль» ТОВ «ДВ НГК»	14,24	14,24
13	ВП «Луганська ТЕС» ТОВ «ДТЕК Східенерго»	73,22	73,217	30	Виробнича філія ДПЗД «УКРІНТЕР-ЕНЕРГО» «Калуська ТЕЦ»		12,719
14	ВП «Ладжинська ТЕС» ПАТ «ДТЕК Західенерго»	78,388	65,53	31	Шахта «Степова» ДП «Львіввугілля»	12,227	12,666
15	ДТЕК Придніпровська ТЕС	32,892	60,989	32	ПАТ «УкрТатНафта»		11,858
16	Структурна одиниця ПАТ «Донбасенерго» «Слов'янська ТЕС»	41,596	56,613	33	ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод»		10,274
17	Зміївська ТЕС ПАТ «Центренерго»	55,87	55,865				

Джерело: дані Міністерства екології та природних ресурсів [3]

Загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в Україні склав у 2016 р. 3078,1 тис. т (табл. 1), що майже на 32 % менше порівняно із обсягом викидів у 2015 р. Переважна більшість викидів утворюється стаціонарними джерелами забруднення. Викиди діоксиду вуглецю становили у 2016 р. 150,6 млн т та знизилися на 7 % порівняно із 2015 р. Вуглецева продуктивність ВВП у 2015 р. зросла на 8 % порівняно з попереднім 2014 р. Окрім викидів у атмосферне повітря, підприємства енергетичного сектора у процесі своєї діяльності утворюють відходи. Так, за ви-

дом економічної діяльності «Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря» підприємствами та організаціями України було утворено 7511,5 тис. т відходів у 2016 р. (2,59 % від загального обсягу відходів, утворених у результаті діяльності підприємств і організацій), що на 914 тис. т (або на 14 %) більше за обсяг відходів у 2015 р. У той же час позитивною тенденцією є зростання протягом останніх років капітальних інвестицій та поточних витрат на охорону навколишнього природного середовища (табл. 2).

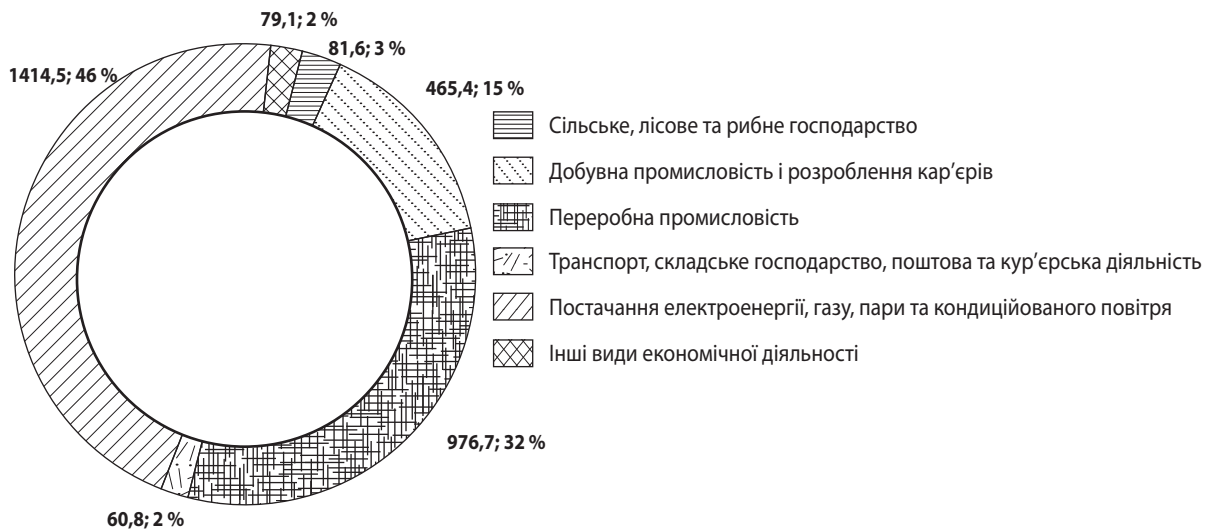


Рис. 1. Структура викидів забруднюючих речовин у атмосферу по Україні за видами економічної діяльності у 2016 році

Джерело: сформовано авторами на основі даних Державної служби статистики України [4]

Таблиця 2

Основні показники техногенного навантаження на навколишнє природне середовище та екологічної продуктивності в Україні у 2010–2016 рр.

Показники	Значення показника у році						
	2010	2011	2012	2013	2014*	2015*	2016*
1	2	3	4	5	6	7	8
Викиди забруднюючих речовин у повітря, тис. т	6678,0	6877,3	6821,1	6719,8	5346,2	4521,3	3078,1
у т. ч. стаціонарними джерелами	4131,6	4374,6	4335,3	4295,1	3350,0	2857,4	3078,1
пересувними джерелами	2546,4	2502,7	2485,8	2424,7	1996,2	1663,9	...
Викиди діоксиду вуглецю, млн т	198,2	236,0	232,0	230,7	194,7	162,0	150,6
у т. ч. стаціонарними джерелами	165,0	202,2	198,2	197,6	166,9	138,9	150,6
пересувними джерелами	33,2	33,8	33,8	33,1	27,8	23,1	...
Викиди вуглекислого газу в енергетиці, тис. т	130328,4	146348,8	147374,8	147169,0	125410,8	106956,5	...
Вуглецева продуктивність валового внутрішнього продукту в постійних цінах 2010 р., грн/т CO ₂	5444,9	4824,1	4918,4	4944,6	5474,0	5928,2	...
Вуглецева продуктивність валового внутрішнього продукту в постійних цінах 2011 р. за паритетом купівельної спроможності, дол./т CO ₂	1815,2	1604,1	1634,9	1644,0	1819,1	1969,4	1815,2
Обсяг викидів вуглекислого газу на одну особу, т	4,3	5,2	5,1	5,1	4,5	3,8	...
Утворення відходів, тис. т	425914,2	447641,2	450726,8	448117,6	355000,4	312267,6	295870,1
у тому числі I–III класів небезпеки	1659,9	1434,5	1368,1	919,1	739,7	587,3	621,0
питома вага відходів I–III класів небезпеки у загальному обсязі утворених відходів, %	0,39	0,32	0,30	0,21	0,21	0,19	0,21

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Утворення відходів за результатами економічної діяльності підприємств і організацій, тис. т	419191,8	442464,4	442757,4	439091,4	348686,1	306214,3	289523,6
▪ у тому числі за видом економічної діяльності «Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря»	8641,0	9901,2	9812,0	9346,4	5972,7	6597,5	7511,5
▪ питома вага відходів у загальному обсязі відходів, утворених у результаті діяльності підприємств і організацій, %	2,06	2,24	2,22	2,13	1,71	2,15	2,59
Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища за напрямками природоохоронних заходів, тис. грн	2761472,1	6451034,6	6589336,5	6038783,0	7959853,9	7675597,0	13390477,3
Поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища за напрямками природоохоронних заходів, тис. грн	10366565,5	12039439,5	13924654,3	14339060,4	13965726,0	16915535,2	19098224,8

Джерело: дані Державної служби статистики України [5–7]

*2014–2016 рр. – без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції.

Зміна клімату на сьогодні не повинна розглядатися як суто екологічна проблема, оскільки цей процес має значні соціальні й економічні наслідки, основними серед яких є стримання економічного зростання та погіршення якості життя громадян. У той же час, як зазначено в аналітичній доповіді «Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект», «країни з низьким адаптивним потенціалом, тобто обмеженими економічними ресурсами, низьким рівнем технологій, поганою інформаційною мережею, слабкою інфраструктурою, нестабільними чи нерозвиненими інститутами, несправедливим доступом до ресурсів, характеризуються підвищеною вразливістю до зміни клімату» [8].

Отже, рівень екологічної безпеки країни залежить від енергоефективності національної економіки, екологізації народного господарського комплексу в цілому та енергетичного сектора зокрема, а можливість адаптації країни до глобальних змін клімату визначається рівнем її економічного, техніко-технологічного розвитку та його інституційним забезпеченням.

Реалізація заходів із подальшого розвитку альтернативної енергетики та охорони довкілля передбачена Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», метою якої є «забезпечення потреб суспільства та економіки в паливно-енергетичних ресурсах у технічно надійний, безпечний, економічно ефективний та екологічно прийнятний спосіб для гарантування поліпшення умов життєдіяльності суспільства» [9].

Відповідно до ключових показників ефективності Енергетичної стратегії планується збільшити частку ВДЕ (включно з гідрогенеруючими потужностями та термальною енергією) у загальному первинному постачанні енергії

до 25 % до 2035 р. та знизити викиди CO₂ (<50 % до рівня 1990 р. до 2035 р.) [10]. До 2020 р. передбачається запровадження заходів обмеження впливу енергетики на довкілля, в тому числі через оцінки такого впливу, а декарбонізація енергетики набуває більшого впливу з точки зору запобігання зміні клімату.

Аналіз взаємозв'язку між динамікою частки постачання енергії з відновлюваних джерел, обсягу викидів CO₂ в енергетиці та екологічною продуктивністю протягом 2010–2015 рр. свідчить, що при зміні структури постачання енергії та зростанні частки енергії з відновлюваних джерел відбувається скорочення обсягу викидів у енергетичному секторі (рис. 2). Протягом 2010–2012 рр. частка енергії з відновлюваних джерел у загальному обсязі постачання енергії залишалася незмінною (2 %), при цьому відбувалося нарощування обсягів викидів CO₂ від виробництва енергії, вуглецева продуктивність ВВП в постійних цінах 2010 р. у 2012 році знизилася майже на 10 % порівняно із значенням показника у 2010 р. У 2013 році частка енергії з відновлюваних джерел у загальному обсязі постачання зросла до 2,7 %, що супроводжувалося зниженням обсягів викидів діоксиду вуглецю в енергетиці та зростанням вуглецевої продуктивності ВВП порівняно із попереднім роком. Із зростанням частки енергії з ВДЕ у 2015 році до рівня 3 %, обсяг викидів CO₂ у енергетиці став нижчим за їх обсяг у 2012 році майже на 18 %, а вуглецева продуктивність ВВП перевищила значення показника у 2012 року на 8,9 % (рис. 2).

Отже, зростання частки енергії з відновлюваних джерел у загальному кінцевому її споживанні відіграє ключову роль у скороченні негативних впливів на навколишнє природне середовище та протидії зміні клімату, що, своєю чергою, є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки, соціального добробуту й економічного зростання.

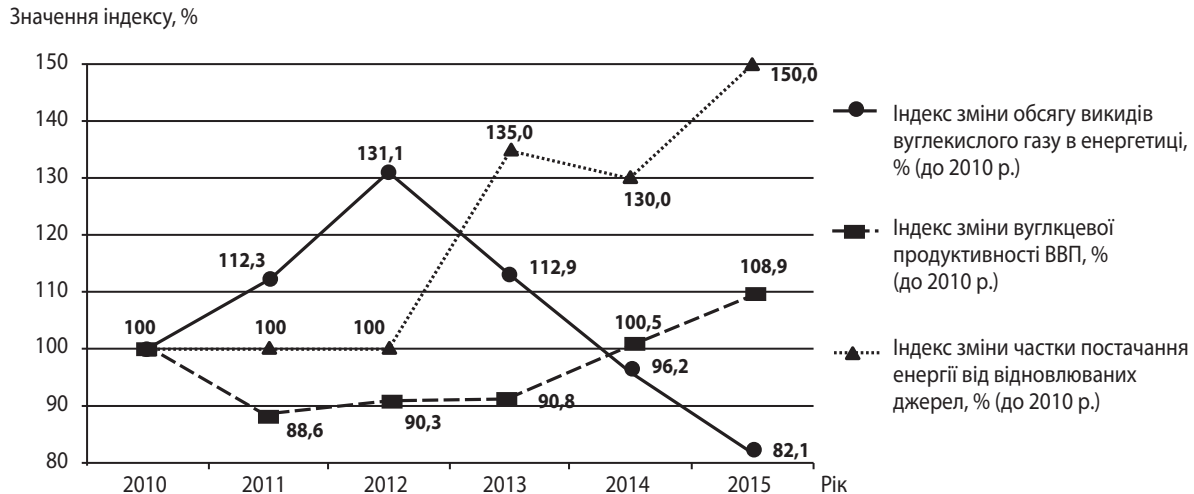


Рис. 2. Динаміка індексів обсягу викидів CO₂ в енергетиці, вуглецевої продуктивності ВВП та частки постачання енергії від відновлюваних джерел в Україні протягом 2010–2015 рр.

Джерело: сформовано авторами на основі даних Державної служби статистики України та [7]

Позитивний екологічний ефект від заміщення традиційних джерел енергії відновлюваними полягає у запобіганні забрудненню атмосферного повітря, а саме – скороченні викидів шкідливих речовин, у першу чергу – вуглекислого газу, у атмосферу при зростанні частки виробництва енергії з відновлюваних джерел.

Незважаючи на те, що у цілому заміщення традиційних джерел енергії альтернативними сприяє зниженню екологічного навантаження, слід враховувати, що існує певний вплив відновлюваних джерел енергії на навколишнє природне середовище. Як зазначають дослідники В. А. Маляренко, Л. В. Лисак, негативні екологічні наслідки від застосування нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії «пов'язані з проблемами землекористування, шуму, зміни ландшафту, використання нових матеріалів, виробництво яких в окремих випадках може негативно вплинути на довкілля (наприклад, одержання кремнію для сонячної енергетики), тощо» [11]. Вчені вказують на те, що при оцінюванні впливу різних видів альтернативних джерел енергії на навколишнє природне середовище слід врахувати такі чинники: «блокування територій; вплив на екологічний процес зайнятих і прилеглих територій; вплив на флору і фауну; вивільнення хімічних та інших матеріалів; можливість використовувати ці речовини або продукти їх переробки як сировину для подальшого виробництва» [11].

Отже, реалізації проекту з відновлюваної енергетики має передувати оцінювання його екологічної ефективності. При цьому, окрім позитивних екологічних наслідків, заміщення традиційних джерел енергії альтернативними, які полягають у зниженні викидів шкідливих речовин і теплового забруднення, при встановленні потужностей альтернативної енергетики слід враховувати й оцінювати негативні екологічні ефекти, основними серед яких є: відведення значних земельних територій, шумовий, вібраційний вплив, потенційна можливість загибелі тварин і птахів від вітроустановок, утворення побічних продуктів, які є джерелом забруднення довкілля, деградація лісів, забруднення ґрунтів та ін.

При оцінюванні впливу альтернативної енергетики на навколишнє природне середовище до уваги доцільно брати такі індикатори (показники):

- 1) Зміна частки ВДЕ у загальному первинному постачанні енергії ($\Delta\chi_{ВДЕ}$, %):

$$\Delta\chi_{ВДЕ} = (Q_{ВДЕ}^2 / ЗППЕ^2 - Q_{ВДЕ}^1 / ЗППЕ^1) \times 100\%, \quad (1)$$

де $Q_{ВДЕ}^1, Q_{ВДЕ}^2$ – обсяги виробництва енергії з відновлюваних джерел до та після змін у структурі первинного постачання енергії, тис. т н.е.

$ЗППЕ^1, ЗППЕ^2$ – загальне первинне постачання енергії, тис. т н.е.

- 2) Зміна частки виробництва електроенергії з відновлюваних джерел ($\Delta\chi_{ен}$, %):

$$\Delta\chi_{ен} = (Q_a^2 / Q^2 - Q_a^1 / Q^1) \times 100\%, \quad (2)$$

де Q_a^1, Q_a^2 – обсяги виробництва електроенергії з відновлюваних джерел до та після змін у структурі виробництва електроенергії, тис. т н.е.;

Q^1, Q^2 – загальний обсяг виробленої електроенергії з традиційних і відновлюваних джерел, тис. т н.е.

- 3) Абсолютна зміна загального обсягу викиду шкідливих речовин у атмосферу за сектором «Енергетика» при зміні структури виробництва енергії (ΔQ_B , млн т):

$$\Delta Q_B = Q_B^2 - Q_B^1, \quad (3)$$

де Q_B^1, Q_B^2 – загальний обсяг викидів шкідливих речовин у атмосферу за сектором «Енергетика» до та після змін у структурі виробництва енергії, млн т.

- 4) Індекс парникових газів за сектором «Енергетика» (I_{nz}):

$$I_{nz} = Q_{nz}^2 / Q_{nz}^1, \quad (4)$$

де Q_{nz}^1, Q_{nz}^2 – обсяг викидів парникових газів у атмосферу за сектором «Енергетика» до та після заміщення традиційних джерел альтернативними, млн т.

5) Зміна якості атмосферного повітря у міському населеному пункті (ΔA -2, мг/м³ – мг забруднюючої речовини у кубічному метрі повітря). Відображає зміну концентрації забруднюючих речовин у повітрі у звітному році порівняно із базовим. Мірою якості атмосферного повітря у міському населеному пункті виступають абсолютні значення середньорічних і максимальних разових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі [12]:

$$\Delta K_{cp} = K_{cp}^2 - K_{cp}^1, \quad (5)$$

де K_{cp}^1, K_{cp}^2 – середньорічна концентрація забруднюючої речовини у атмосферному повітрі до та після заміщення традиційних джерел енергії відновлюваними, мг/м³.

$$\Delta K_{макс} = K_{макс}^2 - K_{макс}^1, \quad (6)$$

де $K_{макс}^1, K_{макс}^2$ – максимальна разова концентрація забруднюючої речовини у атмосферному повітрі до та після заміщення традиційних джерел енергії відновлюваними, мг/м³.

6) Позитивний екологічний ефект від зміни частки виробництва енергії з відновлюваних джерел на 1 % – відображає потенційне скорочення обсягу викидів CO₂ при зростанні частки виробництва енергії з відновлюваних джерел ($E_{кеф}^n$, млн. т / 1 %):

$$E_{кеф}^n = \Delta Q_{CO_2} / \Delta \chi_a = (Q_{CO_2}^2 - Q_{CO_2}^1) / (\chi_a^2 - \chi_a^1), \quad (7)$$

де $Q_{CO_2}^1, Q_{CO_2}^2$ – обсяги викидів вуглекислого газу відповідно до та після заміщення традиційних джерел енергії альтернативними, млн т;

χ_a^1, χ_a^2 – частка енергії, виробленої з альтернативних джерел у загальному обсязі виробництва енергії, %.

7) Інвестиції у скорочення викидів CO₂: загальний розмір інвестицій, необхідних для вкладення у встановлення потужностей альтернативної енергетики, тис. грн:

$$I = Pr_a \times P_a, \quad (8)$$

де Pr_a – ціна встановлення 1 МВт потужності альтернативної енергетики (за видом джерела енергії), тис. грн/МВт;

P_a – обсяг встановленої потужності альтернативної енергетики (за видом джерела енергії), МВт.

8) Вуглецеємність виробництва енергії (ECO_2), тис. т CO₂/кВт:

$$ECO_2 = Q_{CO_2} / E, \quad (9)$$

де Q_{CO_2} – обсяг викидів вуглекислого газу, тис. т;
 E – обсяг виробленої енергії, кВт.

9) Зміна екологічної ефективності функціонування об'єкта сектора «Енергетика» – зміна середнього обсягу викидів шкідливих речовин одним об'єктом сектора «Енергетика» внаслідок реалі-

зації заходів із екологізації виробництва енергії (ΔQB_{OE} , млн т/об'єкт):

$$\Delta QB_{OE} = QB_{OE}^2 - QB_{OE}^1 = Qv^2 / Koe^2 - Qv^1 / Koe^1, \quad (10)$$

де Qv^1, Qv^2 – загальний обсяг викидів шкідливих речовин у атмосферу за сектором «Енергетика» до та після впровадження заходів із екологізації виробництва енергії, млн т;

Koe^1, Koe^2 – кількість об'єктів сектора «Енергетика», що генерують енергію із використанням традиційних джерел, од.

10) Економічний ефект від реалізації заходів з екологізації виробництва енергії на підприємствах сектора «Енергетика»:

$$E_{конЕф} = \Delta ПВ - В, \quad (11)$$

де $\Delta ПВ$ – зміна плати за викиди, тис. грн.

$В$ – витрати, понесені на заходи з екологізації виробництва енергії.

Частка потужностей у тепловій генерації, що відповідає екологічним вимогам ЄС (викиди SO₂, NO_x, золи), %

Загальний вплив альтернативної енергетики на навколишнє природне середовище:

$$E_{колЕф}^{заг} = E_{колЕф}^{заг_n} + E_{колЕф}^{заг_H}, \quad (12)$$

де $E_{колЕф}^{заг_n}$ – загальний позитивний вплив альтернативної енергетики на навколишнє природне середовище;

$E_{колЕф}^{заг_H}$ – загальний негативний вплив альтернативної енергетики на навколишнє природне середовище.

Висновки та перспективи подальших наукових досліджень. Екологічно безпечною альтернативою традиційним джерелам енергії є відновлювані джерела, використання яких дозволяє скоротити негативний вплив на довкілля, зокрема – знизити викиди парникових газів. Одним із стратегічних напрямів забезпечення екологічної безпеки України є розвиток альтернативної енергетики та поступове заміщення відновлюваними джерелами енергії традиційних. Екологічні впливи альтернативної енергетики на довкілля слід розглядати й оцінювати у розрізі різних видів відновлюваних джерел енергії, використання кожного з яких має ряд переваг з точки зору впливу на навколишнє природне середовище, але й певні обмеження, які слід враховувати при реалізації проєктів.

Результати оцінювання впливу альтернативної енергетики на навколишнє природне середовище можуть бути використані для вимірювання ступеня ефективності реалізації заходів, спрямованих на забезпечення подальшого розвитку відновлюваної енергетики та охорони довкілля, а також для оцінки рівня досягнення стратегічних цілей у сфері енергетики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довкілля України за 2015 рік: стат. зб. Київ, 2016. 242 с.
2. Шестое Национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата, Киев, 2013. С. 156.

3. Перелік об'єктів, які є найбільшими забруднювачами довкілля в Україні по викидах в атмосферне повітря. URL: <https://menr.gov.ua/news/31570.html>

4. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2016 році (остаточні дані): стат. бюлетень Київ: Державна служба статистики України, 2017. 34 с.

5. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря // Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2009/ns_rik/ns_u/dvsr_u2008.html

6. Утворення відходів за видами економічної діяльності за 2005–2016 роки // Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL <http://www.ukrstat.gov.ua/>

7. Довкілля України за 2016 рік: ст. зб./за ред. О. М. Прокопенко. Київ: Державна служба статистики України, 2017. 242 с.

8. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект: аналіт. доп./за заг. ред. В. Р. Сіденка, О. О. Веклич. Київ: Заповіт, 2016. 208 с.

9. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>

10. Додаток 1 до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80?test=NOaMfL2dtr58AZB6ZiTuFSn9HI4R2s80msh8le6>

11. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Енергетика довкілля, енергозбереження. Харків: Рубікон, 2004. 368 с.

12. Якість атмосферного повітря в міських населених пунктах // Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України. URL: <http://old.menr.gov.ua/ekolohichni-pokaznyky-monitorynhu/3831-a-2-yakist-atmosferneho-povitria-v-miskykh-naselenykh-punktakh>

REFERENCES

“Dodatok 1 do Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Annex 1 to the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 «Safety, Energy Efficiency, Competitiveness»]. <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80?test=NOaMfL2dtr58AZB6ZiTuFSn9HI4R2s80msh8le6>

Dovkillia Ukrainy za 2015 rik [Environment of Ukraine for 2015]. Kyiv, 2016.

Dovkillia Ukrainy za 2016 rik [Environment of Ukraine for 2016]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2017.

“Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 «Safety, Energy Efficiency, Competitiveness»]. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>

Maliarenko, V. A., and Lysak, L. V. *Enerhetyka dovkillia, enerhozberezhennia* [Energy environment, energy saving]. Kharkiv: Rubikon, 2004.

“Perelik obektiv, yaki ye naibilshymy zabrudniuvachamy dovkillia v Ukraini po vykydakh v atmosferne povitria” [List of objects that are the largest environmental pollutants in Ukraine for emissions into the air]. <https://menr.gov.ua/news/31570.html>

Shestoye Natsionalnoye soobshcheniye Ukrainy po voprosam izmeneniya klimata [The Sixth National Communication of Ukraine on Climate Change]. Kyiv, 2013.

“Utvorennia vidkhodiv za vydamy ekonomichnoi dialnosti za 2005-2016 roky” [Waste generation by types of economic activity for 2005-2016]. Ofitsiyni sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

“Vykydy zabrudniuiuchykh rehovyn ta dioksydu vuhletsiu v atmosferne povitria” [Emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere]. Ofitsiyni sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2009/ns_rik/ns_u/dvsr_u2008.html

Ukraina i polityka protydii zmini klimatu: ekonomichnyi aspekt [Ukraine and the policy of counteraction to climate change: the economic aspect]. Kyiv: Zapovit, 2016.

Vykydy zabrudniuiuchykh rehovyn ta parnykovykh haziv u atmosferne povitria vid statsionarykh dzherel zabrudnennia u 2016 rotsi (ostatochni dani) [Emissions of pollutants and greenhouse gases in ambient air from stationary sources of pollution in 2016 (final data)]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 2017.

“Yakist atmosferneho povitria v miskykh naselenykh punktakh” [The quality of atmospheric air in urban settlements]. Ofitsiyni sait Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. <http://old.menr.gov.ua/ekolohichni-pokaznyky-monitorynhu/3831-a-2-yakist-atmosferneho-povitria-v-miskykh-naselenykh-punktakh>