

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИКОРИСТАННЯ
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Павлик А.В., асистент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, Сумський державний університет,

a.pavlyk@econ.sumdu.edu.ua;

Жулавський А.Ю., к.е.н., проф., професор кафедри управління, Сумський державний університет,

a.zhulavskiy@management.sumdu.edu.ua;

Шкодкіна Ю.М., к.е.н., старший викладач кафедри фінансів і підприємництва, Сумський державний університет,

y.shkodkina@finance.sumdu.edu.ua;

Маслій М.Ю., студентка гр. ЕН-91 ННІ ФЕМ ім. Олега Балацького, Сумський державний університет,

mmaslijm@gmail.com.

Стаття присвячена проблемі еколого-економічного оцінювання наслідків використання відновлюваних джерел енергії. Існуюча система оцінювання еколого-економічних наслідків виробництва енергії може бути застосована лише для традиційних джерел енергії: ТЕЦ, ТЕС, АЕС. Використовувати її для еколого-економічного оцінювання відновлюваних джерел енергії недоцільно. Причина полягає в особливостях, які мають відновлювані джерела енергії, а саме: вони не використовують вичерпні енергетичні ресурси з метою генерації енергії та мають незначний мінімальний розмір електростанції, що робить відновлювані джерела енергії більш мобільними та дозволяють легко використовувати їх у приватному секторі.

У роботі запропонована методика еколого-економічного оцінювання наслідків генерації енергії за рахунок відновлюваних джерел енергії, яка враховує особливості використання відновлюваних джерел енергії у порівнянні з традиційними. В роботі аналізуються недоліки існуючої методики оцінювання наслідків від викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря та запропонована власна методика. Вона включає в себе теорію життєвого циклу енергетичного продукту, що дозволяє виявити еколого-економічні наслідки за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту та оцінити їх. Для об'єктивного оцінювання були використані статистичні дані та існуючі розрахунки вітчизняних вчених щодо залежності кількості захворювань від обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. Запропонована методика дозволяє оцінювати та порівнювати еколого-економічні наслідки розвитку певного джерела енергії по відношенню до інших джерел.

Незважаючи на загальноприйнятту думку щодо відсутності еколого-економічних наслідків від використання відновлюваних джерел енергії, у статті підтверджується наявність такого впливу з боку відновлюваних джерел енергії за стадіями їх життєвого циклу. Наявність результатів та розрахунків, які наведено в роботі дозволяє використовувати існуючі математичні інструменти з метою розробки оптимальних моделей розвитку енергетичного сектору України. Запропоновану методику оцінювання можна використати на прикладі інших країн з метою виявлення недоліків та розвитку даного методу оцінювання.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, економіка природокористування, енергетика, еколого-економічні збитки, еколого-економічне оцінювання, життєвий цикл.

DOI: 10.21272/1817-9215.2020.1-04

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стаття присвячена еколого-економічним наслідкам виробництва електричної енергії на прикладі України. Основна увага приділяється викидам шкідливих речовин до атмосферного повітря від енергетичного сектору. Це обумовлено тим, що енергетичний сектор є найбільшим джерелом забруднення атмосферного повітря забезпечуючи 49% всіх викидів шкідливих речовин у світі та 50% – в Україні. В той же час виробничий сектор забезпечує 23,46% викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря України; житлово-комунальний комплекс – 13,28%; транспорт – 11,41% [1].

Сучасні тенденції розвитку енергетичного сектору демонструють збільшення кількості виробленої електричної енергії за рахунок відновлюваних джерел енергії (далі ВДЕ), проте вони потребують подальшого еколого-економічного оцінювання

наслідків використання ВДЕ. Також потребують удосконалення методи оцінювання еколого-економічних наслідків використання традиційних джерел енергії.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ.

Питанню оцінювання еколого-економічних наслідків використання джерел енергії присвячена велика кількість вітчизняних та закордонних досліджень, що проводяться такими вченими як: А. Акелла [2], А. Еванс [3], Х. Інхейбер [4], О. В. Кубатко [5], Л. Г. Мельник [6], І. М. Сотник [7], Є. В. Хлобистов [8], С. А. Прийменко [9]. В своїх роботах А. Акелла та Бейтс [2; 10] аналізують життєвий цикл різних об'єктів відновлюваної енергетики та розраховується кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря на етапі виробництва енергетичного обладнання.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю удосконалення методів оцінювання еколого-економічних збитків від застосування різних джерел енергії за етапами життєвого циклу енергетичного продукту.

ПОСТАВКА ЗАВДАННЯ.

Метою статті є розвиток теоретичних та методологічних підходів до економічного оцінювання екологічних наслідків застосування різних видів джерел енергії за етапами життєвого циклу енергетичного продукту.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На теоретичному рівні дослідження були застосовані загальнонаукові методи абстрагування, узагальнення, аналізу і синтезу, індукції і дедукції, аналогій. На емпіричному рівні були застосовані методи порівняння при дослідженні особливостей традиційних і відновлюваних видів енергії; структуризації при визначенні питомої ваги відновлюваних джерел в загальному об'ємі енерговиробництва; факторного аналізу при виявленні взаємозв'язку між обсягами енергії отриманої з ВДЕ та негативними наслідками їх застосування для навколишнього середовища і людини.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Згідно зі статистичними даними в Україні протягом 2017 року було вироблено 142 220 ГВт • год, з яких за рахунок АЕС було вироблено 80 503 ГВт • год, за рахунок ТЕС – 40 524,9 ГВт • год, ТЕЦ – 9 304,6 ГВт • год (табл. 1). Обсяги виробленої енергії мають сезонні коливання. Так, у зимовий період спостерігається збільшення обсягу виробленої енергії за рахунок ТЕС та ТЕЦ.

Таблиця 1 – Обсяги виробленої енергії та ціна її закупівлі в 2017 році [11]

Квартал	ТЕС		ТЕЦ		ВДЕ	
	Вироблено МВт•год	Ціна середня грн/МВт • год	Вироблено МВт • год	Ціна середня грн/МВт • год	Вироблено МВт • год	Ціна середня грн/МВт • год
I кв.	9 936 615	1 652,06	3 473 392	1 815,62	480 211	4 068,15
II кв.	7 521 825	1 823,11	1 430 152	1 971,99	526 123	5 331,67
III кв.	11 350 794	1 469,49	1 346 817	1 993,21	575 234	5 437,79
IV кв.	11 715 700	1 621,75	3 054 213	1 950,80	504 438	4 507,85
За рік	40 524 934	1 641,60	9 304 574	1 932,90	2 086 006	4 836,37

За структурою показник виробництва енергії з ВДЕ складається з сонячних електростанцій (далі СЕС), вітрових електростанцій (далі ВЕС), міні-гідроелектростанцій (далі МГЕС) та біопалива. Обсяг електроенергії, яку отримують за рахунок біопалива, є незначним, тому в роботі основна увага приділяється СЕС,

ВЕС та МГЕС. Обсяги виробленої енергії за рахунок СЕС, ВЕС та МГЕС мають незначну частку у загальній структурі енерговиробництва, проте, значно вищу ціну за 1 МВт • год (табл. 2).

Таблиця 2 – Обсяги виробленої енергії за рахунок ВДЕ та ціна її закупівлі в 2017 році [11]

Квартал	СЕС		ВЕС		МГЕС	
	Вироблено МВт • год	Ціна середня грн/МВт • год	Вироблено МВт • год	Ціна середня грн/МВт • год	Вироблено МВт • год	Ціна середня грн/МВт • год
I кв.	11 614	7 384,34	28 838	3 107,11	7 997	3 358,01
II кв.	27 020	7 841,55	19 973	3 249,27	6 096	3 548,66
III кв.	30 345	7 604,26	25 344	3 303,17	2 923	3 616,58
IV кв.	9 956	9 074,15	33 674	3 486,71	6 355	3 829,21
За рік	78 934	7 976,07	107 829	3 286,57	23 373	3 588,11

Обсяги викидів шкідливих речовин від ВДЕ під час експлуатації практично дорівнюють нулю, з причини відсутності процесів горіння на відміну від ТЕС та ТЕЦ.

При аналізі життєвого циклу ВДЕ [12] екодеструктивний вплив на навколишнє середовище виникає на етапах виробництва та утилізації обладнання [2]. Дані таблиць 3 і 4 базуються на закордонних дослідженнях та нормативних документах.

Таблиця 3 – Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за джерелами енергії [2;10]

Джерело енергії	Кількість шкідливих викидів до атмосферного повітря, г/МВт • год					Приведена кількість викидів CO ₂ г/МВт • год
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO	В еквіваленті CO ₂
Вугілля	337 464,00	3,60	5,04	9 021,60	6 737,40	353 603,14
Природний газ	211 493,27	3,60	0,36	–	895,50	213 096,48
Мазут	275 985,47	10,80	2,16	1 800,94	1 146,24	279 491,16
АЕС	66 000,00	–	–	–	–	66 000,00
Еквівалент у CO ₂ , г	1,00	25,00	298,00	0,44	1,57	–

Таблиця 4 – Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за рахунок ВДЕ на етапі виробництва обладнання [2]

Джерело енергії	Кількість шкідливих викидів до атмосферного повітря, г/МВт • год					Приведена кількість викидів CO ₂ г/МВт • год
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO	В еквіваленті CO ₂
ГЕС	10 000	–	–	17	–	10 007,48
МГЕС	9 000	–	–	30	–	9 013,2
ВЕС	7 000 – 9 000	–	–	20 – 90	–	7 008,8 – 9 039,6
СЕС	98 000 – 167 000	–	–	0 – 340	–	98 000 – 167 340
Еквівалент у CO ₂ , г	1	25	298	0,44	1,57	–

До стаціонарних джерел забруднення відносяться об'єкти енергетичного сектору економіки. Аналізуючи статистичні дані енергетичного балансу України [13], можна зробити висновок, що 98,89% енергії, виробленої на ТЕС отримано з вугілля. ТЕЦ виробили 66,83% електроенергії за рахунок природного газу, 20,75% – з вугілля та 12,42% – за рахунок інших енергетичних ресурсів (мазуту).

Використовуючи дані таблиць 1-4, було розраховано приведену кількість викидів шкідливих речовин до атмосферного повітря за джерелами енергії (табл. 5), що дозволяє розрахувати розмір еколого-економічних збитків для кожного з видів енергії за видами шкідливих речовин та надати еколого-економічну оцінку окремим джерелам енергії в Україні у 2017 році. Приведена кількість викидів CO₂ від стаціонарних джерел забруднення енергетичного сектору склала 21,29 млн. тон.

Оцінка завданих еколого-економічних збитків визначається згідно наказу Міністерства енергетики та захисту довкілля України №639 [14].

Таблиця 5 – Приведена кількість викидів CO₂ від енергетичного сектору України, 2017*

Джерело енергії	Кількість виробленої енергії джерелом, МВт • год	Приведена кількість викидів CO ₂ , на одиницю виробленої енергії, кг/МВт • год	Приведена кількість викидів CO ₂ , тис. тон
ТЕС	40 524 934	349,68	14 170,68
ТЕЦ	9 304 574	181,87	1 692,24
ГЕС	9 800 822	10,01	98,08
АЕС	80 503 375	66,0	5 313,22
МГЕС	23 373	9,01	0,21
ВЕС	107 829	7,01	0,76
СЕС	78 934	130,0	10,26
Всього:	-	-	21 285,5

*Розрахунки авторів на базі [5].

За діючим податковим кодексом України, ставка податку на викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю складає 92,37 грн на 1 тону від стаціонарних джерел забруднення [15]. Формула розрахунку еколого-економічних збитків пов'язана з мінімальною заробітною платою, проте, цей метод не є об'єктивним [16]. З іншого боку, збиток, який отримано від викидів шкідливих речовин до атмосферне повітря, має базуватись на об'єктивних показниках.

Кубатко О. у своїх дослідженнях довів залежність між шкідливими викидами в атмосферне повітря та кількістю захворювань [5]. Результати його досліджень пояснюють наявність впливу шкідливих речовин на здоров'я населення, що призводить до збільшення кількості захворювань, що у свою чергу призводить до зменшення обсягів виробництва з причини тимчасової втрати працездатності. Використовуючи результати дослідження О.В. Кубатко [5], можна розрахувати кількість захворювань, пов'язаних зі шкідливими викидами в атмосферне повітря. Таким чином, можна порівняти реальний обсяг збитків від шкідливих викидів в атмосферне повітря (грн/тону) та кількість захворювань на 1 тону викидів, табл. 6.

Екологічно обумовлені збитки – це обсяг недовиробленої продукції, робіт та послуг, з причини непрацездатності працівника. При оцінці завданого збитку використовувати мінімальну заробітну плату не є доцільним. Середня заробітна плата майже вдвічі більша за мінімальну, а сам розмір мінімальної заробітної плати регламентовано законодавством. Найбільш об'єктивним показником є втрати доданої вартості на одного працівника.

Для розрахунку втрат доданої вартості необхідно розрахувати розмір ВВП (або ВРП для регіонального рівня) на одну людину працездатного віку. У 2017 році ВВП дорівнював 2 908,2 млрд грн, що складає 97,2 тис. грн на одну людину працездатного віку, або 441,87 грн на кожен робочий день [17].

Таблиця 6 – Кількість екологічно обумовлених захворювань та кількість втрачених робочих днів у 2017 році*

Вид захворювання	К-ть захворювань, тис. випадків	Відсоток захворювань, обумовлених екологічним фактором, %	К-ть захворювань, обумовлених екологічним фактором, випадків	К-ть втрачених днів, обумовлених екологічним фактором, днів	К-ть випадків захворювань на 1 тис. тон приведених викидів CO ₂ , випадків	К-ть втрачених днів на 1 тис. тон приведених викидів CO ₂ , днів/тис. тон
Серцево-судинні	1 780,6	10,3	183 401	1 479 437	8,62	69,50
Система травлення	1 087,1	11,0	119 587	964 669	5,62	45,32
Респіраторні	12 036,6	16,0	1 925 860	15 535 278	90,48	729,85
Рак легень серед чоловіків	10,3	30,0	3 099	681 912	0,15	32,04
Рак легень серед жінок	2,6	10,5	267	58 813	8,62	69,50
Всього	14 917,2	-	2 232 214	18 720 109	113,49	946,21

*Розрахунки авторів на базі [5]

Як показали розрахунки розмір збитків перевищує розмір екологічного податку в 4,2 рази, табл. 7. Наведені розрахунки збитків враховують екологічні наслідки від шкідливих викидів в атмосферне повітря.

Таблиця 7 – Екологічно обумовлені втрати ВВП України у 2017 р. *

Вид захворювання	К-ть втрачених днів, обумовлених екологічним фактором, днів	Екологічно обумовлені втрати ВВП, млн. грн	Кількість втрачених днів на 1 тис. тон приведених викидів CO ₂ , днів/тис. тон	Обсяг збитку на 1 тис. тон приведених викидів CO ₂ , грн/тис. тон
Серцево-судинні	1 479 437	653,72	69,50	30,71
Система травлення	964 669	426,26	45,32	20,03
Респіраторні	15 535 278	6 864,56	729,85	322,50
Рак легень серед чоловіків	681 912	301,32	32,04	14,16
Рак легень серед жінок	58 813	25,99	69,50	1,22
Всього	18 720 109	8 271,85	946,21	388,62

*Розрахунки авторів

Кожна зі складових навколишнього середовища впливає одна на одну: шкідливі речовини з атмосферного повітря осідають у водойми та ґрунти; шкідливі речовини у воді потрапляють у повітря під час випаровування та до ґрунтів через підземні води; забруднені ґрунти впливають на якість сільськогосподарських продуктів.

Середній збиток обумовлений екологічними факторами в енергетичному секторі за 2017 рік склав 58,94 грн/МВт • год виробленої енергії, табл. 8.

Таблиця 8 – Розмір екологічно обумовлених збитків від енергетичного сектору в Україні, 2017*

Джерело енергії	Приведена кількість викидів CO ₂ , тис. тон	Приведена кількість викидів CO ₂ , на одиницю виробленої енергії, кг/МВт • год	Екологічно обумовлений збиток від джерела енергії, млн. грн	Збиток від джерела енергії, грн/МВт • год
ТЕС	14 170,68	349,68	5 506,93	135,89
ТЕЦ	1 692,24	181,87	657,63	70,68
ГЕС	98,08	10,01	2 064,80	25,65
АЕС	5 313,22	66,00	38,12	3,89
МГЕС	0,21	9,01	0,08	3,50
ВЕС	0,76	7,04	0,30	2,74
СЕС	10,27	130,15	3,99	50,58
Всього	21 285,46	-	8 271,845	-

*Розрахунки авторів

Розрахунки еколого-економічного збитку від використання ВДЕ пропонується здійснювати за формулою:

$$Y_{\text{вде}} = Y_{\text{pc}} + Y_{\text{ек}} + Y_{\text{ут}} - Y_{\text{відв}}, \quad (1)$$

де $Y_{\text{вде}}$ – загальний еколого-економічний збиток від певного виду ВДЕ, грн/МВт • год; Y_{pc} – збиток від певного виду ВДЕ на стадії розроблення, грн/МВт • год; $Y_{\text{ек}}$ – збиток від певного виду ВДЕ на стадії експлуатації, грн/МВт • год; $Y_{\text{ут}}$ – збиток від певного виду ВДЕ на стадії утилізації та ресайклінгу, грн/МВт • год; $Y_{\text{відв}}$ – відвернений збиток від заміщення традиційних на відновлювальні джерела енергії, грн/МВт • год.

Еколого-економічний збиток на стадії розроблення та створення технологій ВДЕ виникає внаслідок виробництва обладнання. Розраховується обсяг приведених викидів CO₂ та питомий еколого-економічний збиток на одну тону приведенного викиду.

Еколого-економічний збиток на стадії експлуатації ВДЕ розраховується окремо для кожного з його видів (табл. 9).

Таблиця 9 - Методичні положення щодо розрахунку еколого-економічного збитку від ВДЕ на етапі експлуатації, грн/МВт • год

Вид збитку	Пояснення
$Y_{\text{СЕС експ}} = Y_{\text{зем}} \cdot S_{\text{СЕС}}$	$Y_{\text{зем}}$ – розмір збитку від знецінення земельної ділянки, внаслідок деградації ґрунту від розміщення СЕС, грн/га; $S_{\text{СЕС}}$ – середня площа, необхідна для виробництва 1 МВт • год від СЕС, га/МВт • год
$Y_{\text{ВЕС експ}} = Y_{\text{ем}} \cdot P_{\text{нас}} \cdot V_{\text{ВЕС}}$	$Y_{\text{ем}}$ – збиток від підвищення електромагнітного та шумового забруднення розміром 1 % втрат знову доданої вартості, грн/осіб. $P_{\text{нас}}$ – кількість працездатного населення, на яку впливає експлуатація однієї установки ВЕС, осіб/од.; $V_{\text{ВЕС}}$ – кількість установок ВЕС, що забезпечує виробництво 1 МВт • год, од.
$Y_{\text{МГЕС експ}} = Y_{\text{вод}} \cdot Q_{\text{шр}} \cdot V_{\text{МГЕС}}$	$Y_{\text{вод}}$ – збиток від потрапляння змащувальних та інших шкідливих речовин до водного басейну при експлуатації обладнання МГЕС, грн/т; $Q_{\text{шр}}$ – маса шкідливих речовин, що потрапляють до водного басейну від експлуатації однієї установки МГЕС, т; $V_{\text{МГЕС}}$ – кількість установок МГЕС для виробництва 1 МВт • год, од.

Збиток на етапі утилізації розраховується як витрати на утилізацію обладнання ВДЕ після закінчення терміну його використання (2).

$$Y_{\text{ут}} = M \cdot V_{\text{ут}}, \quad (2)$$

де M – середня маса обладнання певного ВДЕ потужністю 1 МВт, т/МВт • год; $V_{\text{ут}}$ – вартість утилізації однієї тонни відходів за місцем розміщення обладнання ВДЕ, грн/тонн.

При розрахунку збитку від ВДЕ враховується розмір відверненого еколого-економічного збитку з від'ємним значенням ($Y_{\text{відв}}$). Відвернений збиток залежить від структури енерговиробництва та еколого-економічної вартості одиниці енергії, розраховується як сума збитків від використання традиційних джерел енергії помноженої на їх частку в загальній структурі енерговиробництва (3):

$$Y_{\text{відв}} = \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot d_i), \quad (3)$$

де Y_i – еколого-економічний збиток, отриманий на етапі експлуатації i -го традиційного джерела енергії з розрахунку на 1 МВт • год, грн; d_i – частка i -го джерела енергії в загальній структурі енерговиробництва.

За розрахунками [4] СЕС використовують 10 тис. літрів води на 1 МВт на рік, у той час як питомий економічний збиток від забруднення водних джерел дорівнює 1,84 тис грн/т у 2017 році. Враховуючи розмір однієї панелі СЕС для встановлення електростанції потужністю 1 МВт необхідно 2 га землі. Вартість землі залежить від

регіону, у той час як втрати від деградації ґрунту складають 20% за перший та другий роки [18]. Зокрема у Сумській області плата за 1 Га сільськогосподарського призначення у 2017 році складала 2 100 грн/га. За таких умов орієнтовна втрата вартості землі з причини деградації ґрунту за рік буде складати 420,04 грн/Га ($Y_{зем}$).

Середня потужність одного генератора установки ВЕС складає 6 кВт або 167 установок та 2 Га землі для забезпечення 1 МВт потужності.

$$Y_{сес\ експ} = 420,04 \cdot 2 = 840,08 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

Далі розраховується площа, на яку впливає експлуатація ВЕС, а також враховується заборона встановлювати ВЕС ближче, ніж 500 м до населеного пункту. Щільність працездатного населення Сумської області складає 31,92 осіб на 1 км² [17]. ВРП Сумської області дорівнює 46,3 млрд грн або 60,66 тис. грн на кожну людину працездатного віку.

$$Y_{ВЕС\ експ} = (60\ 655,45 \cdot 0,01\%) \cdot 2,6 \cdot 2,355 \cdot (46,2 \cdot 0,691) = 1\ 185,64 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

Вартість утилізації обладнання ВДЕ визначається добутком тарифу з вивозу та утилізації відходів на об'єм устаткування необхідного для виробництва 1 МВт потужності. У місті Суми таким тарифом є 133,64 грн/м³ [19]. За об'ємом установка СЕС потужністю 1 МВт матиме 337,6 м³ відходів. ВЕС в місті Ботієвськ потужністю в 3 МВт має вагу 400 т, або 133,3 т/МВт. 1 м³, тобто необхідно утилізувати 17,09 м³. МГЕС потужністю до 50 кВт має об'єм утилізаційних відходів 13,7 м³, або 27,4 м³/МВт. Утилізаційні витрати доцільно розділити на весь час експлуатації ВДЕ. Строк експлуатації СЕС – 30 років; ВЕС – 20 років; МГЕС – 35 років, таким чином:

$$Y_{СЕС\ утил} = 133,64 \cdot 337,6/30 = 1\ 503,9 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

$$Y_{ВЕС\ утил} = 133,64 \cdot 17,09/20 = 114,2 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

$$Y_{МГЕС\ утил} = 133,64 \cdot 27,4/35 = 104,62 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

Використовуючи статистичні дані які стосуються часток джерел енергії в загальній структурі енерговиробництва та формулу 3 був оцінений відвернений еколого-економічний збиток:

$$Y_{відв} = 135,89 \cdot 0,2849 + 70,68 \cdot 0,0654 + 25,65 \cdot 0,0689 + 3,89 \cdot 0,5660 = 47,31 \text{ (грн/МВт} \cdot \text{год)}$$

Використовуючи запропоновану методику, результати розрахунків еколого-економічного збитку за етапами життєвого циклу ВДЕ наведені в таблиці (табл. 10). Запропонований метод оцінювання еколого-економічного збитку дозволяє врахувати екодеструктивні наслідки використання ВДЕ за етапами життєвого циклу енергетичного продукту кожного виду.

Таблиця 10 – Еколого-економічна збиткоємність за етапами життєвого циклу енергетичного продукту, грн/МВт • год*

Джерело енергії	Етап життєвого циклу				Всього
	$Y_{пс}$	$Y_{сес}$	$Y_{ут}$	$Y_{відв}$	
СЕС	50,58	840,08	1 503,90	47,31	2 441,87
ВЕС	2,74	1 185,64	114,20	47,31	1 349,89
МГЕС	3,50	50,00	104,62	47,31	205,43

*Розрахунки авторів

Порівнюючи екодеструктивний вплив ВДЕ можна відмітити, що найбільш збиткоємним джерелом енергії є СЕС, еколого-економічний збиток якої складає 2 441,87 грн/МВт • год.

Розроблений метод оцінювання еколого-економічного збитку від використання ВДЕ передбачає врахування екодеструктивних наслідків впровадження і використання ВДЕ на всіх етапах життєвого циклу енергетичного продукту.

ВИСНОВКИ

Діючий на сьогодні метод оцінювання еколого-економічних збитків стосується тільки традиційних джерел енергії. Для оцінки еколого-економічних збитків від відновлюваних джерел енергії необхідним є розроблення спеціальної методики. В роботі пропонується визначити еколого-економічний збиток від відновлюваних джерел енергії як суму еколого-економічних збитків за етапами життєвого циклу енергетичного продукту. Цей метод дозволяє врахувати як позитивні (відвернений збиток) так і негативні наслідки використання ВДЕ.

За розрахунками авторів сонячні електростанції мають найбільші питомі показники еколого-економічного збитку, які складають 2 441,87 грн/ МВт • год, в той час як цей показник у ВЕС складає 1 349,89 грн/ МВт • год, а на МГЕС 205,43 грн/МВт • год.

Запропонований метод оцінювання еколого-економічних збитків потребує подальших досліджень у напрямку більш глибокого аналізу екологічних наслідків використання ВДЕ за їх видами та етапами життєвого циклу енергетичного продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. World Bank Statistics. CO2 emissions [Електронний ресурс]. Режим доступу: data.worldbank.org.
2. Akella, A. K. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems / A. K. Akella, R. P. Saini, M. P. Sharma // *Renewable Energy*. – 2009. – Т. 34. – № 2. – С. 390–396. Режим доступу: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.4230&rep=rep1&type=pdf.
3. Evans A., Strezov V., Evans T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies // *Renewable and sustainable energy reviews*. – 2009. – Т. 13. – № 5. – С. 1082–1088. Режим доступу: relooney.com/NS4053-Energy/0-Harold_18.pdf.
4. Inhaber H. Water use in renewable and conventional electricity production // *Energy Sources*. – 2004. – Т. 26. – № 3. – С. 309–322. doi.org/10.1080/00908310490266698.
5. Кубатко, О.В. Теоретико-методологічні засади розвитку еколого-економічних систем в умовах флуктуацій [Текст]: дисертація ... д-ра екон. наук, спец.: 08.00.06 - економіка природокористування та охорони навколишнього середовища / О.В. Кубатко; наук. консультант Л.Г. Мельник. - Суми: Сумський державний університет, 2018. - 531 с. Режим доступу: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/67373.
6. Мельник Л. Г. Концептуальні підходи до змін моделей споживання та виробництва при переході до стійкого розвитку / Л.Г. Мельник, О.І. Мельник, О.І. Карінцева, І.М. Сотник, В.В. Сабадаш // *Механізм регулювання економіки*. – 2007. – №3. – С.51-58. Режим доступу: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3210.
7. Сотник І. М. Аналіз екологічних втрат від виробництва продукції в регіонах України / І. М. Сотник, В. О. Киричок // *Механізм регулювання економіки*. – 2012. - №1. – С. 54-63. Режим доступу: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/34143.
8. Хлобистов Є.В. Сталій розвиток та екологічна політика у глобальних викликах: від передбачення до прогнозування / Є.В. Хлобистов, Л.В. Жарова, М.В. Ільїна // *Економіка природокористування і охорони довкілля*. — К.: РВПС України НАН України. — 2008. — С. 33-42. Режим доступу: dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/10029/03-Khlobystov.pdf.
9. Прийменко, С. А. Еколого-економічні засади управління життєвим циклом енергетичного продукту : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.06 [Електронний ресурс] / Прийменко Світлана Анатоліївна. Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». – Дніпропетровськ. – 2015. – Режим доступу : http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/146747/Дисертація_Прийменко%20С.А.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
10. J Bates. Life cycle emissions from renewable energy technologies. / J. Bates, P. Watkiss, T. Thorpe. // ETSU, 156 Harwell Oxfordshire OX11 0RA. UK. XA9846090. Режим доступу: osti.gov/etdweb/servlets/purl/601234.
11. Державне підприємство «Енергоринок». Архів даних. Режим доступу : er.gov.ua/doc.php?c=36.

12. Features of the Life Cycle Structuring of Renewable Energy Source Facilities [Текст] / A.Yu. Zhulavskiy, A.V. Pavlyk, Yu.M. Shkodina [et al.] // Механізм регулювання економіки. - 2019. - №2. - С. 116-127. - DOI: 10.21272/mer.2019.84.10.
13. Державна служба статистики України. Енергетичний баланс України. Режим доступу: ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm.
14. Наказ Міністерства енергетики та захисту довкілля України №639 від 10 грудня 2008. Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09.
15. Податковий кодекс України. Ст. 243.1, – 2011, Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17.
16. Павлик А. В. Оцінка енергоефективності як основа побудови енергонезалежної стратегії // Науковий журнал Економіка і суспільство. Мукачівський державний університет. – 2017. – Т. 9. – С. 859-863. Режим доступу: ecomomyandsociety.in.ua/journal/9_ukr/149.pdf.
17. Головне управління статистики у Сумській області. Щільність працездатного населення Сумської області. Режим доступу: sumy.ukrstat.gov.ua.
18. Чумаченко О. М. Еколого-економічна оцінка втрат від деградації земельних ресурсів (на прикладі земель сільськогосподарського призначення) / Чумаченко О. М., Мартин А. Г. // ТОВ «Аграр Медіа Груп — 2010. Режим доступу: irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=ARD&P21DBN=ARD&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC/2010/10comzsp.zip
19. ТОВ «А-МУССОН». Рішення №342 від 27.06.2018 «Про тарифи на послуги з організації збирання, вивезення твердих побутових великогабаритних та ремонтних відходів, товариству з обмеженою відповідальністю «А-МУССОН»». Режим доступу: a-musson.com/uvaga-zmineno-tarifi-tov-a-musson/.

REFERENCES

1. World Bank Statistics. CO2 emissions [Electronic resource], Access mode: data.worldbank.org.
2. Akella, A. K. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems / A. K. Akella, R. P. Saini, M. P. Sharma // Renewable Energy. – 2009. – Т. 34. – № 2. – С. 390–396. Access mode: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.4230&rep=rep1&type=pdf.
3. Evans A., Strezov V., Evans T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies // Renewable and sustainable energy reviews. – 2009. – Т. 13. – № 5. – С. 1082–1088. Access mode: relooney.com/NS4053-Energy/0-Harold_18.pdf.
4. Inhaber H. Water use in renewable and conventional electricity production // Energy Sources. – 2004. – Т. 26. – № 3. – С. 309–322. doi.org/10.1080/00908310490266698.
5. Kubatko, O.V. Teoretyko-metodolohichni zasady rozvytku ekoloho-ekonomichnykh system v umovakh fluktuatsii [Tekst]: dysertatsiia ... d-ra ekon. nauk, spets.: 08.00.06 - ekonomika pryrodokorystuvannya ta okhorony navkolyshnoho seredovyscha / O.V. Kubatko; nauk. konsultant L.H. Melnyk. - Sumy: Sums'kyi derzhavnyi universytet, 2018. - 531 s. Access mode: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/67373.
6. Melnyk L. H. Kontseptualni pidkhody do zmin modelei spozhyvannya ta vyrobnytstva pry perekhodi do stiikoho rozvytku / L.H. Melnyk, O.I. Melnyk, O.I. Karintseva, I.M. Sotnyk, V.V. Sabadash // Mekhanizm rehuliuвання ekonomiky. – 2007. - №3. – С.51-58. Access mode: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/3210.
7. Sotnyk I. M. Analiz ekolohichnykh vtrat vid vyrobnytstva produktsii v rehionakh Ukrainy / I. M. Sotnyk, V. O. Kyrychok // Mekhanizm rehuliuвання ekonomiky. – 2012. - №1. – С. 54-63. Access mode: essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/34143.
8. Khlobystov Ye.V. Stalyi rozvytok ta ekolohichna polityka u hlobalnykh vyklykakh: vid peredbachennia do prohnozuvannya / Ye.V. Khlobystov, L.V. Zharova, M.V. Ilina // Ekonomika pryrodokorystuvannya i okhorony dovkillia. — K.: RVPS Ukrainy NAN Ukrainy. — 2008. — С. 33-42. Access mode: dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/10029/03-Khlobystov.pdf.
9. Pryimenko, S. A. Ekoloho-ekonomichni zasady upravlinnia zhyttievym tsyklom enerhetychnoho produktu : dys. ... kand. ekon. nauk : 08.00.06 [Elektronnyi resurs] / Pryimenko Svitlana Anatoliivna. Derzhavnyi vyshchyi navchalnyi zaklad «Natsionalnyi hirnychiy universytet». – Dnipropetrovsk. – 2015. – Access mode: http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/146747/Дисертація_Прийменко%20С.А.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
10. J Bates. Life cycle emissions from renewable energy technologies. / J. Bates, P. Watkiss, T. Thorpe. // ETSU, 156 Harwell Oxfordshire OX11 0RA. UK. XA9846090. Access mode: osti.gov/etdweb/servlets/purl/601234.
11. Derzhavne pidpriemstvo «Enerhorynok». Arkhiv danykh. Access mode: er.gov.ua/doc.php?c=36.
12. Features of the Life Cycle Structuring of Renewable Energy Source Facilities [Текст] / A.Yu. Zhulavskiy, A.V. Pavlyk, Yu.M. Shkodina [et al.] // Механізм регулювання економіки. - 2019. - №2. - С. 116-127. – DOI: 10.21272/mer.2019.84.10.
13. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Enerhetychnyi balans Ukrainy. Access mode: ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm.
14. Nakaz Ministerstva enerhetyky ta zakhystu dovkillia Ukrainy №639 vid 10 hrudnia 2008. Access mode: zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09.
15. Podatkovi kodeks Ukrainy. St. 243.1, – 2011, Access mode: zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17.

16. Pavlyk A. V. Otsinka enerhoefektyvnosti yak osnova pobudovy enerhonezaleznoi stratehii //Naukovyi zhurnal Ekonomika i suspilstvo. Mukachivskiy derzhavnyi universytet. – 2017. – T. 9. – С. 859-863. Access mode: economyandsociety.in.ua/journal/9_ukr/149.pdf.

17. Holovne upravlinnia statystyky u Sumskii oblasti. Shchilnist pratsezdatoho naselennia Sumskoi oblasti. Access mode: sumy.ukrstat.gov.ua.

18. Chumachenko O. M. Ekolohe-ekonomichna otsinka vtrat vid dehradatsii zemelnykh resursiv (na prykladi zemel silskohospodarskoho pryznachennia) / Chumachenko O. M., Martyn A. H. // TOV «Ahrar Media Hrup — 2010. Access mode: irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=ARD&P21DBN=ARD&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC/2010/10comzsp.zip

19. TOV «A-MUSSON». Rishennia №342 vid 27.06.2018 «Pro taryfy na posluhy z orhanizatsii zbyrannia, vyvezennia tverdykh pobutovykh velykohabarytnykh ta remontnykh vidkhodiv, tovarystvu z obmezhenoiu vidpovidalnistiu «A-MUSSON»». Access mode: a-musson.com/uvaga-zmineno-tarifi-tov-a-musson/.

SUMMARY

The article is devoted to the problem of an environmental-economic assessment of consequences of using renewable energy sources. The existing system for assessing environmental-economic consequences of energy production can be applied only to traditional energy sources — combined heat and power plants (CHP plants), thermal power plants (TPP), and atomic power plants, since it is unviable to apply it for renewable energy sources. The reason lies in the peculiar features of renewable energy sources — they do not use exhaustible energy resources for the purpose of energy generation and have a small minimum size of a power station, which makes renewable energy sources more mobile and available for the use in the private sector of economy.

This article proposes a methodology of an environmental-economic assessment of the consequences of energy generation from renewable energy sources, which takes into account the features of renewable energy sources use in comparison to traditional ones. In this paper, we analyze shortcomings of the existing methodology for assessing consequences of harmful substances emissions into the atmosphere and propose our own methodology. It includes a life cycle theory of an energy product, which allows to identify environmental-economic consequences at every stage of the life cycle of an energy product and to assess them. For an objective assessment we used statistical data and existing calculations from domestic scientists on a correlation between the number of diseases and volume of harmful substances emissions into the atmosphere. The methodology allows to assess and compare environmental-economic consequences of the development of a particular energy source in relation to other sources.

Despite the generally accepted opinion that there are no environmental and economic consequences of the use of renewable energy sources, this paper proves that renewable energy sources have such an impact at different stages of their life cycle. Research findings and calculations in this paper allow to use existing mathematical tools to develop optimal models for the energy sector development of Ukraine. The proposed methodology can be applied to other countries in order to identify its shortcomings and develop further this methodology of assessment.

Keywords: *renewable energy sources, environmental economics, power industry, environmental-economic loss, life cycle.*