

Предун К.М.,
кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Predun Kostiantyn,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation,
Kyiv National University of Construction and Architecture

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОГО БАЛАНСУ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Предун К.М. Забезпечення продуктивного балансу систем енергопостачання з навколишнім середовищем. Системи теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Полігони твердих побутових відходів як один із елементів інженерної інфраструктури населених пунктів при певних умовах можна перетворити з джерел забруднення довкілля на відновлювальні джерела енергії. В процесі експлуатації таких полігонів утворюється біогаз, основними компонентами якого є метан і вуглекислий газ. З точки зору енергоефективності найбільш придатним є використання біогазу в якості палива в когенераційних установках або газових турбінах для отримання електричної та теплової енергії. Досліджено екологічні аспекти застосування таких біогазів у порівнянні з традиційним природним. На основі виконаних розрахунків визначені величини зменшення забруднення атмосферного повітря. Реалізація вказаних заходів дозволить скоротити або навіть повністю відмовитись від споживання природного газу для потреб теплопостачання населених пунктів.

Ключові слова: енергоефективність, природний газ, біогаз, звалище твердих побутових відходів, когенерація, забруднювальні речовини, парникові гази, викиди в атмосферу, заходи зі зменшення викидів в атмосферу, податкові зобов'язання за викиди в атмосферу.

Предун К.М. Обеспечение продуктивного баланса систем энергоснабжения с окружающей средой. Системы теплоснабжения населенных пунктов Украины сегодня являются примером неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов в государстве. Полигоны твердых бытовых отходов как один из элементов инженерной инфраструктуры населенных пунктов при определенных условиях можно превратить из источников загрязнения окружающей среды на возобновляемые источники энергии. В процессе эксплуатации таких полигонов образуется биогаз, основными компонентами которого являются метан и углекислый газ. С точки зрения энергоэффективности наиболее подходящим является использование биогаза в качестве топлива в когенерационных установках или газовых турбинах для получения электрической и тепловой энергии. Исследованы экологические аспекты применения таких биогазов по сравнению с традиционным природным. На основе выполненных расчетов определены величины уменьшения загрязнения атмосферного воздуха. Реализация указанных мероприятий позволит сократить или даже полностью отказаться от потребления природного газа для нужд теплоснабжения населенных пунктов.

Ключевые слова: энергоэффективность, природный газ, биогаз, свалка твердых бытовых отходов, когенерация, загрязняющие вещества, парниковые газы, выбросы в атмосферу, меры по уменьшению выбросов в атмосферу, налоговые обязательства за выбросы в атмосферу.

Predun Kostiantyn. Ensuring a productive balance of energy supply systems with the environment. The national energy system, which is currently being transformed in accordance with the principles of biosphere compatibility, must operate in conditions of maximum environmental and economic efficiency of energy use to ensure a high standard of living and reduce the negative impact of processes accompanying energy conversion, including environmental protection. Analysis of the energy generation market in Ukraine has shown that the potential of renewable sources and alternative fuels is still insufficiently used, especially in comparison with European countries. Generation from biogas/biomass does not exceed 0.2%. Currently in Ukraine, as in the world, the main way to dispose of solid waste is to bury it in sanitary landfills and dumps. During the operation of such landfills, biogas is formed, the main components of which are methane and carbon dioxide. Once in the air, they create a so-called "green" effect, causing "thermal" pollution. However, under certain conditions, such landfills as one of the elements of the engineering infrastructure of settlements can be transformed from sources of environmental pollution into renewable energy sources. From the point of view of energy efficiency, the most suitable of all possible methods of biogas utilization is their use as fuel in cogeneration plants or gas turbines to generate electricity and heat. This creates opportunities to save natural

gas, additional generation of electricity and heat. Today this potential is practically not used. The ecological aspects of the use of such biogas in comparison with the traditional natural one have been studied. According to the results of the calculations, the total (from thermal power plants and solid waste landfills) emissions of pollutants and greenhouse gases are reduced by 50%, thus reducing the level of "thermal" environmental pollution. Accordingly, tax liabilities are almost halved. Thus, as the result of the implementation of such measures it becomes possible to obtain the economic effect of reducing harmful substances emissions into the atmosphere. In addition, the utilization of methane prevents fires, as the result of which toxic substances are formed and released in the environment.

Key words: energy efficiency, natural gas, biogas, solid waste landfill, cogeneration, pollutants, greenhouse gases, air emissions, measures to reduce air emissions, tax liabilities for air emissions.

Постановка проблеми. Інженерна інфраструктура населених пунктів України є одним із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів. Для задоволення потреб у теплопостачанні будинків, господарсько-побутових потреб їх мешканців природний газ продовжує залишатись основним енергоносієм. Так, наприклад, у 2018 р. зі спожитих 32,3 млрд. м³ блакитного палива частка названих споживачів становила понад 50 % [1]. У порівнянні з іншими державами – це невиправдано висока інтенсивність енергоспоживання. Ускладнює ситуацію ще і той факт, що приблизно третину блакитного палива доводиться закуповувати закордоном.

Тенденції щодо збільшення ціни природного газу, існуюча залежність від його поставок із-за кордону, підвищення вимог щодо якості палива поставили нашу країну перед безпрецедентними викликами. Водночас домінуючого значення набувають питання захисту навколишнього природного середовища.

Україна як держава-підписант Паризької кліматичної угоди прийняла на себе зобов'язання щодо недопущення підвищення глобальної середньої температури довкілля більш, чим на 2°C (по можливості – не більше 1,5°C) [2] відносно показників до індустріальної епохи. Ще однією метою Угоди є зменшення викидів парникових газів у атмосферу до нульового рівня впродовж другої половини XXI століття. Україна за період 1988-2015 років увійшла в топ-100 країн і компаній за величиною викидів парникових газів і займає 40 місце з 0,49 % від загального обсягу викидів у атмосферне повітря [3].

Біогаз звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) є одним із можливих видів альтернативного палива. У світі щороку накопичується близько 400 млн. т побутових відходів, з яких 80 % знищується шляхом поховання під землею, тобто це є основним способом їх знешкодження. У товщі ТПВ при анаеробних умовах (без доступу кисню) відбувається біоконверсія органічної речовини (якої у сміттєвій масі є від 50 до 70 %) за участю мікроорганізмів. В результаті цих процесів утворюються біогази: кожна тонна відходів виділяє від 120 до 200 м³, основними компонентами яких є метан та діоксид вуглецю. Ці два інгредієнти становлять основну частину так званих «парникових газів». Видобуток і збір біогазів з наступною утилізацією для виробництва енергії є обов'язковою умовою сучасного розвитку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Енергетична стратегія України «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [4] відображає сучасні аспекти у підходах до формування енергетичної політики держави: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору, в якому домінували великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного

газу, електроенергії, вугілля тощо – до нової моделі, в якій створюється більш конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку й мінімізується домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та/або шляхів постачання палива. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності й використанню енергії із альтернативних джерел (у 2035 р. частка відновлюваної енергетики (ВДЕ) повинна становити не менше 25 % в структурі енергетичного балансу держави).

Згідно з Національним планом дій з відновлювальної енергетики до 2020 р. [5] передбачено збільшення частки ВДЕ у загальному балансі генерації електроенергії до 11 %. За даними Національної комісії, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), за результатами III кварталу 2019 р. частка відновлювальних джерел у структурі генерації електроенергії в Україні становила лише 3,7 %. У свою чергу, серед «зелених» джерел енергії, на вітрові (ВЕС) та сонячні (СЕС) прийшло близько 90 % генерації: відповідно 30 та 60%. Решту – 10 % – розподілили малі ГЕС (5 %) та генерація з біогазу/біомаси (5 %) [6].

Законом «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії» [7] встановлено «зелений тариф» на електроенергію, отриману шляхом утилізації біогазу звалищ.

Загалом Україна має дуже добрі перспективи для розвитку технологій видобутку біогазу, що виділяється ТПВ, тому, що, як не сумно, в даний час основним способом поводження з відходами є їх складування на полігонах. Останні можна розглядати не лише як джерела забруднення довкілля, але й як поновлювальні джерела енергоносіїв. Загалом в Україні сумарний вихід метану звалищ ТПВ становить приблизно 800 тис. або до 1 млрд. м³ на рік [8]. Він у порівнянні з вуглекислим газом вносить значно більший ефект у глобальне потепління. Окрім того, метан є причиною частих спалахів і пожеж на полігонах та звалищах, які практично не піддаються гасінню і призводять до викидів в атмосферне повітря більш токсичних речовин.

Науково-технічними дослідженнями, спрямованими на розробку, обґрунтування та впровадження новітніх принципів, підходів, методів і технологій для збору та утилізації метану зі звалищ твердих побутових відходів з метою вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища та використання альтернативних палив та джерел енергії В.Є. Баннов, В.С. Вербовський, А.В. Гриценко, С.С. Волков, Г.В. Жук, Т.К. Крушневич, О.І. П'ятничко та ряд інших науковців.

Формулювання цілей статті. Дана робота присвячена дослідженню ефективності заходів із заміни природного газу альтернативним паливом для потреб енергопоса-

чання населених пунктів України, а також оцінки впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднювальних речовин разом з продуктами спалювання біогазів.

Виклад основного матеріалу дослідження. За складом і кількості домішок біогаз різного походження не однаковий. Кожний полігон проявляє себе як індивідуальне джерело зі своїми особливостями [8]. З часом вміст метану і вуглекислого газу дещо знижується. Це пояснюється, напевно, зменшенням вмісту органіки і, відповідно, згасанням діяльності анаеробних бактерій.

Якщо порівняти фізико-хімічні властивості біогазу з вимогами до якості природних газів, встановлених, наприклад, Кодексом газотранспортної системи [9], то без додаткового очищення біогазу звалищ ТПВ непридатні як до транспортування існуючими мережами, так і використання традиційним газовим обладнанням. У світовій практиці відомі різні способи застосування таких біогазів, починаючи від елементарного факельного спалювання безпосередньо на полігоні без утилізації теплоти продуктів спалювання до суттєвого очищення з доведенням вмісту метану до 90...95 % або виробництва товарної вуглекислоти [8].

З точки зору енергоефективності найбільш придатним є використання біогазів в якості палива у двигунах внутрішнього згорання (когенераційних установках (КУ)) або газових турбінах для отримання електричної і теплової енергії [8].

У даній роботі досліджена ефективність заміни традиційного природного газу біогазом звалищ твердих побутових відходів з точки зору біосферо сумісництва. Розглянуто два варіанти енергопостачання:

- 1) використання виключно природного газу; весь біогаз звалищ вільно надходить в атмосферне повітря;
- 2) виконана заміна природного газу біогазом; використовується лише частина біогазу (60 %), інша частина (40 %) – забруднює довкілля.

У розрахунках значення коефіцієнтів корисної дії теплогенеруючих установок (ТГУ) при спалюванні природного газу прийнято $\eta_f=0,9$; КУ, які працюють на біогазі, – $\eta_2=0,8$.

Прогнозовані викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря визначені розрахунковим шляхом, який базується на використанні показників емісії, у відповідності з методикою [11] на основі даних про склад та витрату палива. Показник емісії характеризує масову кількість за-

бруднюючої речовини, яка викидається в атмосферу разом з димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згорання палива. При цьому враховуються характеристики процесу спалювання та заходи щодо зменшення викиду тієї чи іншої забруднюючої речовини.

Загалом при спалюванні газоподібних органічних палив разом з димовими газами в атмосферне повітря надходять такі інгредієнти:

1) забруднювальні речовини: оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксид азоту NO_2 , оксид вуглецю CO , важкі метали та їх сполуки (в умовах даної задачі їх кількістю можна знехтувати);

2) парникові гази: діоксид вуглецю CO_2 , метан CH_4 , оксид діазоту N_2O .

Податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин та парникових газів в атмосферне повітря розраховані у відповідності з вимогами [12] на підставі ставок податку, які вказано у табл. 4.

При використанні в якості альтернативного палива біогазів, отриманих зі звалищ твердих побутових відходів, викиди в атмосферне повітря порівняно зі спалюванням природного газу збільшуються лише на 16 %. Водночас, відповідно, податкові зобов'язання зростають в 1,23 р. Причому для обох варіантів енергопостачання, які розглянуто, частка парникових газів в сумарному обсязі викидів становить 99,9 %. Утилізація біогазів дозволяє частково відмовитись від використання традиційного палива для потреб теплопостачання в Україні – природного газу. За рахунок цього зменшуються сумарні (від теплоенергетичних установок і звалищ ТПВ) викиди в атмосферне повітря забруднювальних речовин і парникових газів у 1,5 р., знижуючи таким чином рівень «теплого» забруднення довкілля. Відповідно, у майже 2,0 р. зменшуються податкові зобов'язання.

Висновки. Виконані дослідження щодо утилізації біогазів полігонів твердих побутових відходів обґрунтували можливість скорочення викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферу, що сприятиме виконанню Україною взятих на себе зобов'язань в рамках Паризької кліматичної Угоди. За рахунок цього з'являються можливості економії природного газу, додаткової генерації електричної та теплової енергії, отримання економічного ефекту від зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості газів [8; 10]

Паливо	Склад газу, % об'ємний				Густина ρ , кг/м ³	Теплота спалювання Q_p^H , МДж/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	N ₂		
1	2	3	4	5	6	7
Природний газ (Ямбурзьке родовище РФ)	98,6	0,1	0,1	1,2	0,73	33,01
Біогаз звалищ ТПВ	60,0	-	40,0	-	1,22	21,51

Таблиця 2

Витрати палива

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Типорозмірний ряд КУ		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
1.	Витрата природного газу	м ³ /год.	10,0	50,0	100,0
		кг/год.	7,3	36,5	73,0
2.	Теплова потужність	кВт	82,5	412,6	825,3
3.	Витрата біогазу звалищ ТПВ	м ³ /год.	17,3	86,3	172,7
		кг/год.	20,9	104,4	209,0

Реалізація вказаних заходів зможе дозволити залишити в якості основного органічного палива для потреб теплопостачання міських населених пунктів України

найбільш екологічне – природний газ, тим більш, що розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитись від купівлі закордоном.

Таблиця 3

Викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря при згорянні палив

Показник	Умовн. позначення	Один. виміру	Паливо					
			природний газ (ТГУ)			біогаз (КУ)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А. Теплова потужність:								
		кВт	82,5	412,6	825,3	82,5	412,6	825,3
Б. Викиди забруднювальних речовин:								
1. Оксиди азоту:								
- показник емісії	k_{NOx}	г/ГДж	44,82	58,80				
- валовий викид	E_{NOx}	г/год.	14,8	74,0	148,0	21,9	109,0	218,0
2. Оксид вуглецю								
- показник емісії	k_{CO}	г/ГДж						
- валовий викид	E_{CO}	г/год.	5,6	28,0	56,0	5,6	27,8	55,7
3. Разом викид	ΣE_1	г/год.	20,4	102,0	204,0	27,5	136,8	273,7
В. Викиди парникових газів:								
4. Діоксид вуглецю								
- показник емісії	k_{CO_2}	г/ГДж	57659	59566				
- валовий викид	E_{CO_2}	кг/год	19,03	95,17	190,33	22,17	110,57	221,27
5. Метан:								
- показник емісії	k_{CH_4}	г/ГДж	1	1				
- валовий викид	E_{CH_4}	г/год.	0,33	1,65	3,30	0,37	1,85	3,71
6. Оксид діазоту:								
- показник емісії	k_{N_2O}	г/ГДж	0,1	2,5				
- валовий викид	E_{N_2O}	г/год.	0,03	0,17	0,33	0,93	4,64	9,29
7. Разом викид	ΣE_2	кг/год	19,03	95,2	190,33	22,17	110,58	221,28
Г. Сумарні викиди забруднювальних речовин і парникових газів:								
	ΣE	кг/год	19,05	95,27	190,5	22,19	110,71	221,55
Д. Податкові зобов'язання за викиди:								
	ΣC	грн.	0,23	1,14	2,27	0,27	1,39	2,79

Таблиця 4

Ставки податку на викиди забруднювальних речовин і парникових газів

Інгредієнт	NO_x	CO	CO_2	CH_4	N_2O
Ставка податку, грн./т	2451,84	92,37	10,00	138,57	4016,11

Таблиця 5

Викиди і податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря

Показник	Один. виміру	Паливо					
		природний газ (ТГУ)			біогаз (КУ)		
1	2	3	4	5	6	7	8
А. Теплова потужність:							
	кВт	82,5	412,6	825,3	82,5	412,6	825,3
Б. Викиди при згорянні палив:							
1. Забруднювальні речовини	г/год.	20,4	102,0	204,0	27,5	136,8	273,7
2. Парникові гази	кг/год.	19,03	95,2	190,33	22,17	110,58	221,28
3. Разом	кг/год.	19,05	95,27	190,5	22,19	110,72	221,55
В. Викиди парникових газів з поверхні звалища ТПВ:							
4. Метан	кг/год.	12,11	60,41	120,89	4,83	24,15	48,37
5. Діоксид вуглецю	кг/год.	22,77	113,85	227,9	9,11	45,54	91,08
6. Разом	кг/год.	34,88	174,26	348,79	13,94	69,69	139,45
Г. Сумарні викиди:	кг/год.	53,93	269,53	539,29	36,08	180,41	361,00
Д. Податкові зобов'язання за викиди:							
7. При згорянні палив	грн.	0,23	1,14	2,27	0,27	1,39	2,79
8. З поверхні звалища ТПВ	грн.	1,91	9,51	19,03	0,76	3,80	7,61
9. Всього	грн.	2,14	10,65	21,3	1,03	5,19	10,40

Список використаних джерел:

1. Використання природного газу в Україні. URL: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/00B62B682AA8CA37C22583900050DAF0?#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%BC%202018%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83%20%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96%20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%87%D1%96,%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%204%2C8%20%D0%BC%D0%BB%D1%80%D0%B4%20%D0%BA%D1%83%D0%B1>. (дата звернення 10.10.2019)
2. Паризька кліматична угода: що відбувається та які результати? URL: https://24tv.ua/blog_media_tag5427 (дата звернення: 10.10.2019).
3. Україна попала в ТОП-100 стран по выбросу парниковых газов: названо место. URL: <https://economy.apostrophe.ua/news/finansy-i-banki/2018-10-09/ukraina-popala-v-top-100-stran-po-vyibrosu-panikovyih-gazov-nazvano-mesto-/142923> (дата звернення: 10.10.2019).
4. Энергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (дата звернення: 10.10.2019).
5. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Затв. розпорядженням КМУ від 1 жовтня 2014 р. № 902-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.10.2019).
6. Частка ВДЕ в виробництві електричної енергії (III квартал 2019). URL: <https://kosatka.media/uk/category/vozobnovlyuema-energiya/analytics/chastka-vde-v-virobnictvi-elektrichnoji-energiji-iii-kvartal-2019> (дата звернення: 10.10.2019).
7. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії: Закон України. 1804-VIII. Київ: ВВР, 2017, № 4, с. 85, стаття 47.
8. П'ятничко О.І., Жук Г.В., Грищенко А.В. та інші. Досвід утилізації звалищного газу в енергетичних установках в Україні: монографія. Київ: АграрМедіаГруп, 2015. 126 с.
9. Кодекс газотранспортної системи. Затвердж. Постановою НКРЕКП № 2493 від 30.09.2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15> (дата звернення 10.10.2019)
10. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом: Навч. посібник. Київ: Логос, 2002. 198 с.
11. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ: Видавництво «КВІЦ», 2002.
12. Податковий кодекс України. ВВР № 13-17, ст. 112, № 2755-VI від 02.12.2010. Редакція від 01.01.2019. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2628-19> (дата звернення: 10.10.2019).

References:

1. Vykorystannya pryrodnoho hazu v Ukrayini [Use of natural gas in Ukraine] (2019). Available at: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/00B62B682AA8CA37C22583900050DAF0?#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%BC%202018%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83%20%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96%20%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%87%D1%96,%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%204%2C8%20%D0%BC%D0%BB%D1%80%D0%B4%20%D0%BA%D1%83%D0%B1> (accessed 10 October 2019)
2. Paryz'ka klimatychna uhoda: shcho vidbuvayet'sya ta yaki rezul'taty? (2018) [Paris Climate Agreement: what is happening and what are the results?]. Available at: https://24tv.ua/blog_media_tag5427 (accessed 10 October 2019).
3. Ukraine is in the TOP-100 countries on greenhouse gas emissions: the place is name (2018). Available at: <https://economy.apostrophe.ua/news/finansy-i-banki/2018-10-09/ukraina-popala-v-top-100-stran-po-vyibrosu-panikovyih-gazov-nazvano-mesto-/142923> (accessed 10 October 2019).
4. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017). *Enerhetychna stratehiya Ukrayiny na period do 2035 r. "Bezpeka, enerhoefektyvnist', konkurentospromozhnist'"* [Ukraine's energy strategy for the period up to 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness"]. Available at: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (accessed 10 October 2019).
5. Cabinet of Ministers of Ukraine (2014). *Natsional'nyy plan diy z vidnovlyuvanoyi enerhetyky na period do 2020 roku*. [National Renewable Energy Action Plan until 2020]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#Text> (accessed 10 October 2019).
6. Chastka vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi v vyrobnytstvi elektrychnoyi enerhiyi (III kvartal 2019) [The share of renewable energy sources in electricity production (III quarter 2019)] (2019). Available at: <https://kosatka.media/uk/category/vozobnovlyuema-energiya/analytics/chastka-vde-v-virobnictvi-elektrichnoji-energiji-iii-kvartal-2019> (accessed 10 October 2019).
7. The Verkhovna Rada of Ukraine (2017). *Zakon Ukrayiny "Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukrayiny "Pro elektroenerhetyku" shchodo stymulyuvannya vyrobnytstva elektroenerhiyi, vyroblenoyi z vykorystannyam al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi"* [On Amendments to the Law of Ukraine "On Electricity" to Stimulate the Production of Electricity Produced Using Alternative Energy Sources]. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy, vol. 4, p. 85.
8. Pyatnichko, O.I. Zhuk, G.V. Gritsenko, A.V. and others (2015). *Dosvid utylizatsiyi zvalyshchnoho hazu v enerhetychnykh ustanovkakh v Ukrayini* [Experience of landfill gas utilization in power plants in Ukraine]. Kiev: Agrar Media Group. (in Ukrainian)
9. The Verkhovna Rada of Ukraine (2015). *Kodeks hazotransportnoyi systemy* [Gas transmission system code]. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15> (accessed 10 October 2019).
10. Yenin, P.M. Shishko, G.G., Predun, K.M. (2002). *Hazopostachannya naselelykh punktiv i ob'yektiv pryrodnyim hazom* [Gas supply of settlements and objects with natural gas]. Kiev: Logos. (in Ukrainian)
11. Vykydy zabrudnyval'nykh rehovyn u atmosferu vid enerhetychnykh ustanovok. Metodyka vyznachennya (2002) [Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination]. Kiev: KVIC Publishing House. (in Ukrainian)
12. The Verkhovna Rada of Ukraine (2019). *Podatkovyy kodeks Ukrayiny* [Tax Code of Ukraine]. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2628-19> (accessed 10 October 2019).