

# ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2020, 2(61): 43–50  
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2020.02.043>

УДК 620.9.001;620.97

**Ю.А. ШУРЧКОВА**, д-р техн. наук, професор, ORCID: 0000-0002-8637-7049

**А.О. ПІДРУЧНА**, ORCID: 0000-0003-1896-2753

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТАРИФІВ НА ТЕПЛОТУ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

*В статті наведено результати порівняльного аналізу економічних показників 4-х проектів геотермального теплопостачання для різних регіонів країни, розроблених в ІТТФ НАН України в період з 1998 р. до 2003 р., а також наведено результати техніко-економічних оцінок цих проектів, виконані для умов 2020 р. Розглянуто залежність економічної ефективності використання цих проектів від тарифів на теплоту й електроенергію. Показано, що при існуючих у теперішній час тарифах на теплоту створення систем геотермального теплопостачання економічно вигідно, перспективно, технічно і технологічно здійснено.*

*К л ю ч о в і с л о в а:* геотермальна енергія, теплопостачання, техніко-економічні показники проекту, окупність інвестицій, рентабельність проекту.

У загальному обсязі потужностей світової геотермальної енергетики більше 80% використовується в системах опалення та гарячого водопостачання. За даними останнього Всесвітнього конгресу в 2015 р. встановлена теплова потужність геотермальних систем теплопостачання склала 70,3 ГВт, було отримано більш ніж 160 ТВт·год/рік теплової енергії, що дозволило замінити використання викопного палива та знизити викиди парникових газів в атмосферу. Для цілей теплопостачання з 2010 до 2014 рр. в 42 країни світу було пробурено 860 геотермальних свердловин [1]. Із всіх видів енергії відновлювальних джерел енергії для теплопостачання геотермальна енергія знаходиться на другому місці в світі після сонячного теплопостачання [2]. За розрахунками економістів окупність затрат на створення геотермальних систем теплопостачання становить не більше 5 років, що зумовлює конкурентоздатність геотермальних систем теплопостачання відносно інших [3].

Геотермальне централізоване теплопостачання для обігріву приміщень використовується в 28 країнах Європи, Азії, Америки. Лідерами є

Китай, Ісландія, Франція та Німеччина. В Європі налічується більше 5000 систем геотермального централізованого теплопостачання, що складає близько 10% загальної потреби. Країни Східної та Центральної Європи – Угорщина, Польща, Словаччина, Чехія і Румунія – також активно розвивають геотермальне теплопостачання.

Україна втратила шанс стати одним з лідерів серед східно-європейських країн в області освоєння геотермальної енергії, коли в 90-ті роки ХХ сторіччя при наявності потужної науково-технічної бази були різко скорочені роботи по її освоєнню. Держава практично не інвестувала в створення технологій і обладнання для її розвитку. І це при тому, що країна має геотермальні ресурси майже на всій території. Запаси термальних вод розвідані в Закарпатті, Криму, Прикарпатті, Харківській і Полтавській областях. Згідно з даними Держенергоефективності України, річний досяжний тепловий потенціал геотермальної енергії в країні еквівалентний близько 90000 МВт·год/рік, що потенційно дозволяє замінити використання близько 10 млрд м<sup>3</sup> природного газу на рік [4]. Високий потенціал геотермальної енергії в Україні підтверджують і зарубіжні спеціалісти, зокрема, координатор Європейського енер-

© Ю.А. ШУРЧКОВА, А.О. ПІДРУЧНА, 2020

гетичного дослідного альянсу EERA, голова геотермальної секції німецького Центра досліджень геотермальної енергії, професор Ернест Гюнґес заявляє, що «Україна має величезний потенціал розвитку геотермальної енергетики для теплопостачання», спеціалісти Національного енергетичного агентства Ісландії також підтверджують наявність значного потенціалу геотермальної енергії в Україні. В березні 2015 р. був підписаний Меморандум про співпрацю і взаєморозуміння в розвитку сфери геотермальної енергетики між Україною та Ісландією. У рамках Меморандуму Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України та Національна енергетична адміністрація Ісландії (Оркустовнун) домовились про реалізацію сумісних проектів по розвитку геотермальних ресурсів в Україні [5]. Розвиток геотермальної енергетики в Україні було передбачено «Національним планом дій з енергоефективності на період до 2020 р.». Але за даними Держенергоефективності станом на кінець 2019 р. серед введених в експлуатацію за останній час об'єктів ВДЕ геотермальна енергетика відсутня. Відомостей про фінансування державою проектів геотермальної енергетики немає.

У другій половині ХХ-го сторіччя в Інституті технічної теплофізики НАН України досліджено використання геотермальної енергії, у тому числі, для геотермального теплопостачання. Були виконані техніко-економічні розрахунки та аналіз доцільності використання геотермальних ресурсів для теплопостачання в різних регіонах країни, були розроблені проекти геотермальних установок для теплопостачання на основі глибоких (3500 м) і середньоглибоких (1300 м) свердловин як нових, так і відновлених після видобутку вуглеводнів. Дослідження засвідчили, що параметри розвіданих геотермальних площ, технічні рішення, існуючі технології та обладнання дозволяють реалізувати

розроблені проекти по створенню систем геотермального теплопостачання в таких регіонах, як Донецько-Дніпровський, Закарпаття, Крим. Але за економічними показниками при існуючих в той час тарифам на теплоту практично всі ці проекти були збитковими з термінами окупності більше 15 років.

За наступні роки до теперішнього часу тарифи на теплоту збільшились у доларовому еквіваленті в 5–6 разів, що зумовлює актуальність задачі оцінки економічної ефективності цих проектів в умовах сучасних тарифів і цін. Для цілей дослідження були обрані чотири, найбільш детально розроблені проекти, які призначені для запровадження в різних регіонах України, і які пройшли експертну оцінку зарубіжних спеціалістів: 1) «Створення системи геотермального теплопостачання міста Мостиська Львівської області, Україна і міста Перемишль, Республіка Польща»; 2) «Створення Монастирищенської геотермальної теплофікаційної установки»; 3) «Геотермальний технологічний комплекс у селі Янтарне (АР Крим)»; 4) «Техніко-економічне дослідження доцільності застосування теплових насосів у системах геотермального теплопостачання, що використовують термальні води Закарпатського регіону». Усі технічні рішення цих проектів залишені без змін (табл. 1).

Розрахунок економічних показників проектів здійснювався з урахуванням цін і тарифів на І квартал 2020 р. за тими ж алгоритмом і залежностями, які були використані в оригіналах:

- витрати на створення геотермальної установки (капітальні витрати) визначалися вартістю обладнання, матеріалів, свердловин, робіт з проектування, монтажу і пуско-налагоджувальних робіт;

- експлуатаційні витрати (фінансово-адміністративні витрати) визначались вартістю прямих витрат на матеріали, електроенергію, кадри, податки та інші відрядження;

**Таблиця 1.** Перелік і технічні параметри проектів

Параметри	Регіони			
	Львівська обл. м. Мостиська	Чернігівська обл. с. Монастирищи	АР Крим с. Янтарне	Закарпатська обл. м. Берегово
Глибина свердловин, м	3500	3500	2230	1300
Кількість свердловин, од.	3 (2/1)*	2 (1/1)*	3 (2/1)*	5 (3/2)*
Тип свердловин	НС**	ВС**	НС**	НС/ВС**
Температура води, °С	95	90	90	60
Теплова навантаження, МВт	12,57	1,63	20	6
Річне споживання теплоти, МВт·год	42075	7304,7	51200	18148

\*кількість видобувних/кількість поглинаючих свердловин

\*\*НС – нові свердловини, ВС – відновлені свердловини.

– дохід від реалізації теплоу:  $D = T \cdot G$ , де:  $D$  – дохід, дол. США,  $T$  – тариф на теплоу, дол. США,  $G$  – річний об'єм реалізації теплоу, МВт·год;

– валовий прибуток:  $P_{\text{вал}} = D - \Phi$ , де:  $P_{\text{вал}}$  – валовий прибуток, дол. США,  $\Phi$  – експлуатаційні витрати без урахування амортизації, дол. США;

– податок на прибуток:  $H = (D - \Phi - A) \cdot 0,3$ , де:  $H$  – податок на прибуток, дол. США,  $A$  – амортизація, дол. США;

– виробничий прибуток:  $P_{\text{вироб}} = D - \Phi - H$ , де:  $P_{\text{вироб}}$  – виробничий прибуток, дол. США,

– термін окупності:  $t = K / P_{\text{вироб}}$ , де:  $t$  – термін окупності, років,  $K$  – капітальні витрати, дол. США;

– виробнича собівартість ( $\Pi_{\text{н/с}}$ , дол. США/МВт·год):  $\Pi_{\text{н/с}} = \text{річні експлуатаційні витрати} / \text{річний об'єм реалізації теплоу}$ ;

– повна собівартість теплоу ( $C$ , дол. США/МВт·год):  $C = \Phi + H + A / G$ ;

– рентабельність:  $P = T - C / C$ , %.

Капітальні витрати в оригінальних проектах розраховувались згідно цін, нормативів і розцінок, приведених в спеціальній літературі, прайс-листах, рекламних проспектах заводів-виробників, що діяли на той період. Розрахунки для умов 2020 р. здійснювались з урахуванням змін розцінок на будівництво свердловин і супутніх витрат в середньому на 20% за даними [6].

Експлуатаційні витрати розраховувались згідно з існуючими в Україні нормативними вимогами й умовами оплати праці, що діяли в період 1998–2003 рр. Тарифи на теплоу для бюджетної сфери в 1998–2003 рр. становили 13,97–14,1 дол. США/МВт·год, тарифи на електроенергію у той період часу становили 0,06–0,035 дол. США/кВт·год. Розрахунки для умов 2020 р. здійснювались з урахуванням зросту цін на матеріали і послуги в середньому в 1,5 рази. Тариф на теплоу для бюджетної сфери, згідно даним Держенергоефективності, був прийнятий рівним 78,98 дол. США/МВт·год [7], тариф на електроенергію був прийнятий рівним 0,092 дол. США/кВт·год [7].

Усі фінансово-економічні розрахунки здійснювались в доларах США у зв'язку з високим рівнем інфляції в Україні. Курс дол. США в розрахунках умов 2020 р. був прийнятий рівним 25 грн. на березень 2020 р.

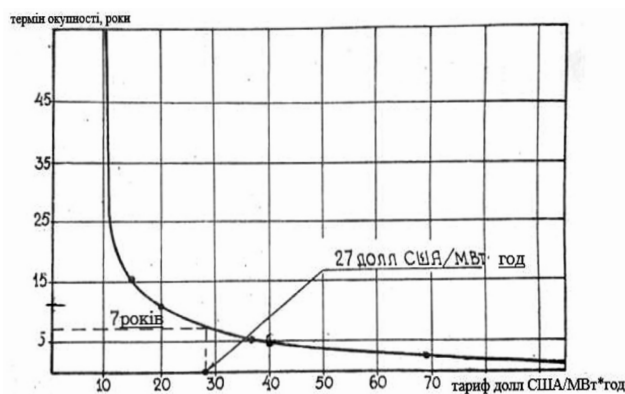
**Проект 1.** «Створення системи геотермального теплопостачання міста Мостиська Львівської області, Україна і міста Перемишль, Республіка Польща». Проект розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України разом з Local energy and hot water supply Co Ltd, Перемишль, Республіка Польща, 2003 р. В статті розглядаються дані Проекту, що сто-

суються Української частини – створення системи геотермального теплопостачання міста Мостиська Львівської області [8]. Мета Проекту – збудувати і ввести в експлуатацію систему геотермального теплопостачання цивільних та промислових об'єктів міста Мостиська Львівської області.

На основі геологічних досліджень і буріння пошукових свердловин було встановлено, що в межах геотермальної площі Мостиська на глибині 3000–3500 м має термальні води з температурою 95 °С в обсязі, достатньому для створення системи геотермального теплопостачання з заданою тепловою потужністю 12,57 МВт, що можливо досягти реалізувавши запропоновані технології і технічні засоби. Основні параметри цього проекту наведено в табл. 2.

Аналіз економічних параметрів проекту показав, що при існуючому на той час тарифі на теплоу для населення і бюджетної сфери – 14,1 дол. США/МВт·год – термін його окупності складає більше 15 років і тому він не може бути комерційно привабливим, перспективним для інвестування та кредитування.

З метою визначення умов, при яких проект може бути економічно ефективним, проведено розрахунки і отримано залежність термінів окупності від величини тарифів на теплоу (рис. 1) [8].



**Рис. 1.** Залежність термінів окупності проекту від тарифів на теплоу

Згідно з цими розрахунками мінімальний тариф на теплоу, при якому проект можна вважати перспективним для інвестування, складає 27 дол. США/МВт·год при терміні окупності 7 років. Основні економічні показники проекту 1 наведено в табл. 2.

Порівняння двох варіантів розрахунків показало:

1. Питомі капітальні витрати на реалізацію проекту в 2020 р. на 14% вище, аніж у 2003 р.

Таблиця 2. Економічні показники проекту 1 в умовах 2003 і 2020 рр.

№	Перелік показників	Одиниці вимірювання	Роки	
			2003	2020
1	Капітальні витрати	Дол. США	5789936	6532456
2	Питомі капітальні витрати	Дол. США/кВт.год.	868,2	987,4
3	Експлуатаційні витрати	Дол. США	401214	818994
4	Амортизаційні відрахування	Дол. США	231597	460000
5	Виробнича собівартість	Дол. США/МВт·год.	4,03	19,46
6	Тарифи на теплоту	Дол. США/МВт·год.	14,1	78,98
7	Тарифи на електроенергію	Дол. США/кВт.год	0,035	0,092
8	Дохід від реалізації теплоти	Дол. США	593258	3323083
9	Валовий прибуток	Дол. США	423640	2964089
10	Податок на прибуток	Дол. США	57618	751227
11	Виробничий прибуток	Дол. США	366028	2212862
12	Термін окупності	рік	15,8	3

2. Експлуатаційні витрати в 2020 р. вдвічі вищі, ніж у 2003 р.

3. Дохід від реалізації теплоти в 2020 р. збільшився порівняно з 2003 р. в 5,6 разів, а виробничий прибуток збільшився в 6 разів.

4. По екологічним показникам проект 1 для умов 2020 р., не зважаючи на збільшення капітальних та експлуатаційних витрат, амортизаційних відрахувань, податків, при тарифах на теплоту 2020 р. економічно вигідний. Термін окупності складає 3 роки.

**Проект 2.** «Створення Монастирищенської геотермальної теплофікаційної установки». Розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України у 2001 р. Мета проекту – створення промислової теплофікаційної установки на базі відновлених свердловин, розташованих в районі Монастирищенського геотермального родовища, визначення техніко-економічних характеристик установки і доцільності вкладення капіталу в її створення.

Монастирищенське родовище термальних вод розташоване на території північно-західної частини Дніпро-Донецької впадини. Аналіз геолого-технічних параметрів родовища показав, що на цій площі може бути організований видобуток термальних вод з температурою до 97 °С. На родовище є готові для термального використання вироблені нафтові та спостережні свердловини. Для розрахунків були обрані свердловини № 20 як видобувна і № 25 як поглинаюча, які по своїм параметрам технічно можуть забезпечити теплову потужність не менше 1,63 МВт, достатню для покриття потреб об'єктів соціальної інфраструктури села Монастирищи. Основні технічні параметри проекту 2 наведено в табл. 1.

Розрахунок економічних параметрів проекту 2 по цінам на матеріали та послуги, по тарифам на теплоту та енергоносії, що діяли в 2001 р., показав, що реалізація проекту неможлива, оскільки розрахунковий термін окупності склав 31 рік.

Розрахунок економічно параметрів проекту 2 по цінам і тарифам, що діяли в 1-ому кварталі 2020 р., показав, що в 2020 р., порівняно з 2001 р., питомі капітальні витрати зростають на 20%, експлуатаційні витрати – на 50%, виробнича собівартість – на 50%. Але, при цьому, прибутки від реалізації теплоти в 2020 р. збільшуються в 5,7 разів, а виробничий прибуток – в 9 разів.

Основні економічні показники проекту за умов 2001 та 2020 рр. наведено в табл. 3.

Порівняння економічних показників проекту 2 за параметрами 2001 і 2020 рр. показують, що не зважаючи на значне збільшення капітальних затрат, експлуатаційних витрат, податків, він стає економічно доцільним для реалізації. Термін окупності складає 4 роки.

**Проект 3.** «Геотермальний технологічний комплекс в селі Янтарне (АР Крим)». Розроблений в інституті технічної теплофізики НАН України при співробітництві з Høue&Olsen A/S, Данія, Датським енергетичним агентством і Датським агентством захисту навколишнього середовища у 2003 р. Мета проекту – демонстрація можливості використання геотермальних технологій для вирощування, переробки та збереження сільськогосподарської продукції, автономного забезпечення теплом населеного пункту, створення лікувально-оздоровчого комплексу.

Таблиця 3. Економічні показники проекту 2 в умовах 2001 і 2020 рр.

№	Перелік показників	Одиниці вимірювання	Регіони			
			Село Янтарне		Село Монастирищи	
			роки			
			2001	2020	2001	2020
1	Капітальні витрати	Дол. США	6500000	7800000	1042000	1250400
2	Питомі капітальні витрати	Дол. США/ кВт.год.	325	390	639	764
3	Експлуатаційні витрати	Дол. США	200000	300000	55901	83852
4	Амортизація	Дол. США	260000	390000	39752	50016
5	Виробнича собівартість	Дол. США/ МВт.год.	3,9	5,86	7,65	11,48
6	Тарифи на тепло	Дол. США/ МВт.год.	15,91	78,98	15,91	78,98
7	Тарифи на електроенергію	Дол. США/ кВт.год.	0,035	0,092	0,035	0,092
8	Дохід від реалізації теплоти	Дол. США	814592	4043776	102051	576925
9	Валовий прибуток	Дол. США	614592	3743776	46150	465068
10	Податок на прибуток	Дол. США	106377	1006133	6398	132917
11	Виробничий прибуток	Дол. США	508215	2737643	39752	360156
12	Термін окупності	рік	13	3	Більше 15 років	4

За оцінками спеціалістів ІТТФ НАН України і Датського енергетичного агентства, геотермальна площа с. Янтарне була визначена як одна із найбільш перспективних за технічними, економічними і екологічними критеріям в Криму. У межах проекту планувалось використовувати вже існуючу циркулярну систему, що складається з двох свердловин, і додатково пробурити ще три свердловини глибиною 2230 м. Основні технічні параметри проекту 3 наведено в табл. 1. Основні економічні показники проекту для умов 1998 і 2020 рр. – у табл. 4.

Не зважаючи на високу оцінку спеціалістами технічних, екологічних, соціальних рішень, проект 3 не був реалізований, оскільки економічні параметри, які визначаються в основному тарифами на тепло та енергоносії, обумовлювали його не вигідність, з великим терміном окупності – більше 13 років.

Розрахунок економічних параметрів проекту 3 з урахуванням цін на матеріали, обладнання, послуги та тарифи на тепло та енергоносії, що існували в 1-ому кварталі 2020 р., показав що він може бути реалізований як економічно вигідний з терміном окупності 3 роки та рентабельністю 12,5%.

**Проект 4.** «Техніко-економічне дослідження доцільності застосування теплових насосів у системах геотермального теплопостачання, що використовують термальні води Закарпатського регіону». Розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України у 1998 р. [9]. Мета проекту – оцінка доцільності фінансування ін-

вестиційних проектів при створенні систем геотермального теплопостачання з тепловими насосами для кліматичних і гідротермічних умов Закарпатської області, де є геотермальні родовища промислових категорій.

Гідрогеологічні дослідження Закарпатської геологорозвідувальної експедиції показали, що промислове освоєння термальних вод у цьому регіоні можливе при використанні експлуатаційних свердловин глибиною до 1300 м, які можуть забезпечити промислові притоки термальних вод з температурою 55–60 °С, достатніх для теплових навантажень до 6 МВт. У 2003 р. гідрогеологічні характеристики і експлуатаційні передумови геотермальної площі Берегове були підтверджені дослідженнями, проведеними в Інституті технічної теплофізики НАН України за співпрацею Høue&Olsen A/S, Данія, Датським енергетичним агентством і Датським агентством захисту навколишнього середовища, які визначили площу Берегове одну із найбільш перспективних за технічними, економічними й екологічними критеріям.

Проект «Техніко-економічне дослідження доцільності застосування теплових насосів в системах геотермального теплопостачання, що використовують термальні води Закарпатського регіону» розроблявся в двох варіантах: 1) на основі спеціально пробурених розвідувально-експлуатаційних свердловин; 2) на існуючих ліквідованих пошуково-розвідувальних свердловин, що підлягають відновленню. В проекті роз-

**Таблиця 4.** Економічні показники проекту «Техніко-економічне дослідження доцільності застосування теплових насосів в системах геотермального теплопостачання, що використовують термальні води Закарпатського регіону»

№	Перелік показників	Одиниці вимірювання	Роки			
			1998		2020	
			Тип свердловини			
			Нові	Відновлені	Нові	Відновлені
1	Капітальні витрати	Дол. США	3225986	1564736	4208979	2192978
2	Питомі капітальні витрати	Дол. США/кВт.год.	537	261	702	365
3	Експлуатаційні витрати	Дол. США	555468	488268	833202	732402
4	Амортизація	Дол. США	129789	62589	194683	93884
5	Виробнича собівартість	Дол. США/МВт·год	30,60	26,9	45,9	40,36
6	Повна собівартість теплоти	Дол. США/МВт·год.			55,83	51,94
7	Тарифи на теплоту	Дол. США/МВт·год.	13,97		78,98	
8	Тарифи на електроенергію	Дол. США/кВт.год.	0,06		0,092	
9	Дохід від реалізації теплоти	Дол. США	253528		1433329	
10	Валовий прибуток	Дол. США	–		794811	
11	Податок на прибуток	Дол. США	–		180038	210278
12	Виробничий прибуток	Дол. США	–		614773	584533
13	Термін окупності	рік	Більше 15 років		7	4
14	Рентабельність	%	–		41,46	52,06

глядались три варіанта теплових навантажень: 1,2; 3,6 та 6 МВт. Для розрахунків було обрано теплове навантаження 6 МВт, як оптимальне для даного населеного пункту. Основні технічні та економічні параметри Проекту 4 для умов 1998 і 2020 рр. наведено в табл. 4.

Порівняльний аналіз економічних показників дозволив зробити наступні основні висновки:

1. Питомі капітальні вкладення, необхідні для створення системи геотермального теплопостачання з тепловими насосами в місті Берегове на базі геолого-розвідувальних свердловин, що підлягають відновленню, знижуються більше, ніж удвічі порівняно з варіантом на основі спеціально пробурених розвідувально-експлуатаційних свердловин.

2. Питомі капітальні вкладення для умов 2020 р. порівняно з умовами 1998 р. підвищуються на 30% для знову пробурених свердловин і на 40% для тих, що підлягають відновленню.

3. Частка витрат на облаштування свердловин загальною вартістю систем геотермального теплопостачання з тепловими насосами в даному проекті складає: для систем із знов пробуреними свердловинами 58–70%, для систем з відновленими свердловинами – 21–31%.

4. Виробнича собівартість теплоти для знов пробурених свердловин вище порівняно зі свердловинами, що підлягають відновленню, не більше, ніж 10%.

5. Виробнича собівартість теплоти для умов 2020 р. в 1,5 рази вище порівняно з умовами 1998 р. Повна собівартість теплоти на основі якої розраховується рентабельність проекту, складає для систем на основі знов побудованих свердловин 55,83 дол. США/МВт·год, а для відновлених свердловин – 51,94 дол. США/МВт·год.

6. Порівняння тарифу на теплоту, що існував в 1998 р., з розрахованою виробничою собівартістю для систем геотермального теплопостачання з тепловими насосами на основі знову побудованих свердловин показує, що виробнича собівартість у 1,9–2,2 рази вище тарифу.

7. Тариф на теплоту для бюджетної сфери з 1998 р. до 2020 р. збільшився в 5,65 разів: з 13,97 до 78,98 дол. США/МВт·год. Порівняння тарифу на тепло 2020 р. з виробничою собівартістю, розрахованою по цінам і тарифам 2020 р., показує що вона для систем із знов побудованими свердловинами в 1,7 разів, а для систем з відновленими свердловинами в 1,95 рази нижче тарифу.

8. Термін окупності Проекту 4 для умов 1998 р. перевищує 15 років. На підставі цього параметра Проект був визначений як неопукний. Термін окупності Проекту 4 для умов 2020 р. для систем на основі знову побудованих свердловин складає 7 років, а для відновлених свердловин – 4 роки. Рентабельність дорівнює, відповідно, 41,5 і 52,1%.

Таблиця 5. Порівняння економічних показників Проектів 1–4

№	Перелік показників	Одиниці вимірювання	Регіони							
			Місто Берегово Закарпатська обл.		с. Мостиська Львівська обл.		с. Янтарне Крим		Монастирище Чернігівська обл.	
			1998	2020	2003	2020	2003	2020	2001	2020
1	Капітальні витрати	Тис. Дол. США	*3 226/1565	*4 209/2193	5790	6533	6500	7800	1042	1251
2	Собівартість	Дол. США/МВт·год	*30,60/26,9	*45,9/40,3	9,54	19,46	3,9	5,86	7,65	11,48
3	Виробничий прибуток	Тис. Дол. США	–	*614,77/584,53	366,03	2212,8	508,215	2 737,6	39,752	360,156
4	Термін окупності	Роки	Більше15	7/4	Більше15	3	13	3	Більше15	6

\*Для міста Берегово дані вказано в форматі: для нових свердловин/для відновлених свердловин.

9. Економічні показники Проекту 4 для умов 2020 р. дозволяють вважати його перспективним для реалізації в Закарпатському районі.

У табл. 5 приведені для порівняння основні економічні показники проектів 1–4 для умов 1998–2003 рр. і 2020 р.

Як видно, у 2020 р., не зважаючи на значне зростання капітальних вкладень і собівартості, високий виробничий прибуток, обумовлені зростанням ринкових тарифів, дозволяє окупити капітальні витрати за 3 – максимум 7 років.

Для початку 2000-их років для геотермального теплопостачання розглядалось, в основному, використання глибоких і середньоглибоких свердловин, що продукують води з температурою від 50 до 100 °С. За останні десятиліття завдяки теплонасосним технологіям у світі отримало широке поширення використання тепла приповерхніх шарів земної кори на глибинах від декілька метрів до 100–300 м. Незважаючи на те, що властивості та процеси, що відбуваються в приповерхній зоні, у теперішній час недостатньо вивчені, відсутні обґрунтовані дані для вибору ділянок для створення геотермальних систем, а існуючі рекомендації носять орієнтовний характер, світова практика показує, що використання низкопотенційних геотермальних ресурсів є економічно вигідним для теплопостачання об'єктів малої потужності. Геотермальні ресурси малих глибин мають ряд переваг, таких, як практична невичерпність, повсюдність поширення, близькість до споживання, безпечність, економічна конкурентність відносно традиційних котельних, екологічна чистота. На думку спеціалістів [10] «використання низкопотенційної геотермальної енергії малих глибин можна розглядати як революцію в системі теплопостачання». Суть технології використання теплоти приповерхньої зони полягає в створенні свердловинного чи го-

ризонтального розташування підземного теплообміну, що приєднується до теплового насоса.

На ринку України в теперішній час присутнє теплонасосне обладнання більшості світових фірм. Пропонуються, в основному, системи для приватних будинків, і котеджів. Вибір системи підземної частини, глибини залягання горизонтального теплообмінника чи глибини свердловини визначаються виходячи з даних геологічних карт конкретного району. Потужність системи і вибір теплового насоса визначаються споживаною потужністю і фінансовими можливостями замовника. Вартість теплових насосів коливається в широких межах в рази залежно від фірми виробника.

В останній час вартість геотермальних систем різко знизилась і стала доступною для широкого кола споживачів. Наприклад, вартість системи для будинка площею до 200 кв. м, що включає в себе 5 свердловин по 50 м, в поєднанні з китайським тепловим насосом, складає порядком 6 тис. дол. США. Термін окупності таких систем лежить в межах від 2 до 5 років.

Не має достовірних даних про економічну ефективність геотермальних систем теплопостачання для більш великих об'єктів, де істотну роль починає мати такі фактори, як наявність і вартість земельних ділянок, для розміщення більшої кількості свердловин і з'єднувальних трубопроводів. Відомо, що існував проект по розробці геотермальної системи теплопостачання Торгівельно-розважального центра Ocean Plaza в Києві. У проекті було передбачено 360 свердловин глибиною до 70 м (загальна довжина свердловин 25200 м). Представляло б інтерес порівняння технічних і економічних показників двох варіантів геотермальних систем теплопостачання: на основі використання приповерхньої теплоти ґрунту і на основі ви-

користання термальних вод глибоких свердловин. Цілком можливо, що спорудження однієї глибокої (300 м) чи навіть зверхглибокої (5000 м) свердловини економічно виявиться більш вигідним варіантом, чим буріння великої кількості свердловин на великій ділянці землі.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до прогнозу Світового Енергетичного Комітету до 2020 р. в передових країнах частка опалення і гарячого водопостачання від використання відновлювальних джерел енергії може досягнути 75%. Стратегія теплопостачання орієнтована на перехід від традиційного спалювання органічного палива до використання енергоефективних технологій, в тому числі, геотермальних.

Для України, при наявності дефіциту викопних палив, низької ефективності більшості старих опалювальних котельних, високої ступені забруднення навколишнього середовища, актуальним і перспективним є розвиток теплової геотермальної енергетики. Для цього є всі передумови: достатня ресурсна база, науковий потенціал, законодавство, що регулює розробку геотермальних проєктів, пільги на виробництво геотермальної енергії.

Порівняльний аналіз економічних показників розглянутих 4-х проєктів на розробку геотермальних систем теплопостачання в різних регіонах країни, з різними геологічними умовами, для різних установлених потужностей, на базі свердловин різної глибини (знову пробурені і відновлені), розроблені в період з 1998 р. до 2003 р. і адаптованих для економічних реалій 2020 р., показує високу економічну ефективність і доцільність широкого використання геотермальних систем теплопостачання в енергетиці країни.

За технічними і технологічними показниками проєкти могли бути реалізовані як в період їх розробки, так і зараз, але за економічними показниками в період 1998–2003 рр. вони були збитковими і не окупними внаслідок низьких тарифів на тепло, що існували в той час: термін окупності капіталовкладень складав з 13 до 30 років. Для умов 2020 р. термін окупності проєктів істотно скоротився – 3–7 років, що робить їх привабливими для інвестування.

Для розвитку геотермальної енергетики в Україні, зокрема, і насамперед широкого впровадження геотермальних систем теплопостачання, потрібна наявність розгорнутої інформації про

геотермальні родовища, залучення сучасних технологій і передового міжнародного досвіду, достатнього фінансування, як зі сторони держави, так і приватних інвесторів.

*Роботу виконано за напрямом «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок» бюджетної програми КПКВ 6541230.*

1. WorldGeothermalCongress, 2015, Melbourne, Australia, International Geothermal Association. URL: <https://www.geothermal-energy.org/.../world-geothermal-com> (дата звернення: 18.04.2020).

2. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. John W. Lund and Tonya L. Boyd Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR 97601, USA.

3. Бутузов В.А. Геотермальне теплопостачання: російські наукові та інженерні школи. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/geotermalnoe-teplosnabzhenie-rossiyskie-nauchnye-i-inzhenernye-shkoly> (дата звернення: 10.04.2020).

4. Ресурси геотермальної енергії. 17.08.2016. URL: <https://metallurgy.zp.ua/resursy-geotermalnoj-enerгии/> (дата звернення: 17.04.2020).

5. Савчук С. На Західній Україні існує значний потенціал використання геотермальної енергії. URL: [http://old.kmu.gov.ua/kmu/control/publish/article?art\\_id=249483736](http://old.kmu.gov.ua/kmu/control/publish/article?art_id=249483736) (дата звернення: 10.04.2020).

6. «УКРБУРСЕРВИС» URL: <https://oil-gas.com.ua/novosti/kompaniya-nomera/207-ukrburservis-kompaniya-glubokogo-bureniya.html> (дата звернення: 20.04.2020).

7. Тарифи на електроенергію в 2020 році. URL: <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric>, Тарифи на централізоване опалення в 2019/2020 роках. URL: <http://domik.ua/novosti/tarify-na-centralizovannoe-otoplenie-v-20192020-godax-n259029.html> (дата звернення: 10.04.2020).

8. Забарний Г.М., Шурчков А.В., Барило А.А., Резакова Т.А., Шпак Я.Ф. Геотермальне теплопостачання села Мостиска Львівської області. К.: ІТТФ НАН України, 2003. 129 с.

9. Забарний Г.М., Шурчков А.В., Барило А.А. Техніко-економічне дослідження доцільності застосування теплових насосів в системах геотермального теплопостачання що використовують термальні води міоценового термоводоносного комплексу Закарпатського регіону. К.: ІТТФ НАН України, 1999. 230 с.

10. Богуславский Э.И., Фицак В.В. Технология і економіка освоєння приповерхніх геотермальних ресурсів. *Записки Горного інституту*. 2017. Т. 224. С. 189–199.

*Надійшла до редколегії: 13.05.2020*