

УДК 504.43; 621.577.2

ОЦІНКА ТЕПЛООВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВЕРХНІХ ШАРІВ ЗЕМЛІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Ю.П. Морозов, доктор технічних наук, **В.В. Величко**, **І.О. Кушнір**

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094 вул. Гната Хоткевича 20А, м. Київ

Проведено аналіз основних положень нормативних документів ЄС та законодавчих актів України в частині віднесення теплових насосів до обладнання, яке використовує відновлювані джерела енергії та вибору критерію такого віднесення. Розглянуто мінімально допустиме значення середнього розрахункового сезонного коефіцієнту корисної дії (ККД). Наведено для порівняння розрахункові значення ККД енергосистем ЄС та України. Цим показникам відповідають теплові насоси, які використовують в якості джерела низькотемпературної енергії теплоту верхніх шарів Землі. Проведено аналіз гідрогеологічних і геотермічних умов верхніх шарів Землі глибиною до 300 м з метою їх використання для геотермального теплопостачання з застосуванням теплових насосів. Були враховані дані щодо площі забудови земель громадського призначення та площі міст України. Температури поверхневих шарів Землі до глибини 300 м були прийняті на підставі даних їх фактичного заміру. Наведені дані щодо вмісту води на території України до глибини 300 м, які необхідно враховувати при розробці технологій систем видобування теплоти верхніх шарів Землі, які повинні бути максимально наближені до систем з герметизацією водяного контуру, що дозволяє безпечно використовувати ресурси поверхневих шарів Землі. Розглянуто питання збільшення терміну експлуатації системи видобування низькопотенційної теплоти, вважається за доцільне здійснювати її роботу шляхом відновлення природного температурного поля. Запропоновано здійснювати відновлення природного температурного поля за рахунок використання накопиченої теплоти в системах кондиціонування повітря із застосуванням реверсивних теплових насосів в неопалювальний період року. Розглянуто вихідні дані та припущення для оцінки теплового потенціалу верхніх шарів Землі, який може використовуватись для геотермального теплопостачання з застосуванням теплових насосів. Оцінено потенціал теплоти верхніх шарів Землі з урахуванням площі приміської зони міст України на глибині до 300 м, який складає 26,8 млн. т у.п (187,8 млн. Гкал). Бібл. 17, табл. 4, рис. 1.

Ключові слова: вертикальна свердловина, гірський масив, верхні шари Землі, тепловий насос, тепловий потенціал.

EVALUATION OF THE HEAT POTENTIAL OF THE UPPER LAYERS OF THE EARTH ON THE TERRITORY OF UKRAINE

Yu. Morozov, Doctor of Technical Sciences, **V. Velychko**, **I. Kushnir**

Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine,
02094, 20A Hnata Khotkevycha, Kyiv, Ukraine

The analysis of the main provisions of the EU normative documents and legislative acts of Ukraine concerning the assignment of heat pumps to equipment that uses renewable energy sources and the choice of criteria for such assignment is carried out. Considered the minimum allowable value of the average calculated seasonal coefficient of usefulness (efficiency). The calculated values of the efficiency of energy systems of the EU and Ukraine are presented for comparison. These indicators correspond to heat pumps, which are used as a source of low-temperature energy for the heat of the upper layers of the Earth. An analysis of the hydrogeological and geothermal conditions of the upper layers of the Earth with a depth of 300 m for the purpose of their use for geothermal heat supply with the use of heat pumps. Data were taken into account for the area of development of public land and the area of Ukraine's cities. The temperatures of the surface layers of the Earth to a depth of 300 m were taken on the basis of data of their actual measurement. The data on the water content on the territory of Ukraine up to a depth of 300 m is given, which should be taken into account when developing the technologies of the systems of extraction of heat of the upper layers of the Earth, which should be as close as possible to the systems with water sealing, which allows the safe use of the resources of the surface layers of the Earth. The issue of increasing the lifespan of the system for the production of low-potential heat is considered, it is considered expedient to carry out its work by restoring the natural temperature field. It is proposed to carry out the restoration of the natural temperature field through the use of accumulated heat in air-conditioning systems with the use of reversible heat pumps in the non-heated period of the year. The initial data and assumptions for estimating the thermal potential of the upper layers of the Earth, which can be used for geothermal heat supply with the use of heat pumps, are considered. The potential of the heat of the upper layers of the Earth, taking into account the area of the suburban area of the cities of Ukraine at a depth of 300 m, is estimated at 26,8 million tons of conditional fuel (187.8 million Gcal). Refences 17, tables 4, fig. 1.

Keywords: vertical well, mountain range, upper layers of the earth, heat pump, thermal potential.

© Ю.П.Морозов, В.В.Величко, І.О.Кушнір, 2018



Ю. Морозов
Yu. Morozov

Відомості про автора: зав. відділом геотермальної енергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник.

Освіта: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукова сфера: відновлювана енергетика, геотермальна енергетика, використання тепла довкілля.

Публікації: більше 160.
ORCID: 0000-0003-1632-9735

Контакти: тел./факс +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net

Author information: Head of the Department of Geothermal Energy of the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, doctor of technical sciences, senior researcher.

Education: National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

Research area: renewable energy, geothermal energy, use of warm environment.

Publications: more than 160.
ORCID: 0000-0003-1632-9735

Contacts: phone/fax +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net



В. Величко
V. Velychko

Відомості про автора: науковий співробітник відділу геотермальної енергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Київський Національний університет будівництва та архітектури, факультет теплогазопостачання, вентиляції та охорони навколишнього середовища.

Наукова сфера: відновлювана енергетика, геотермальна енергетика, використання тепла довкілля.

Публікації: 53.
ORCID: 0000-0001-9979-0994

Контакти: тел./факс +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net

Author information: researcher at Geothermal Energy Department, Institute of Renewable Energy of National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Faculty of heat and gas supply, ventilation and environmental protection.

Research area: renewable energy, geothermal energy, environmental heat use.

Publications: 53.
ORCID: 0000-0001-9979-0994

Contacts: phone/fax +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net



І. Кушнір
I. Kushnir

Відомості про автора: провідний інженер відділу геотермальної енергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Херсонський національний технічний університет, факультет кібернетики та системної інженерії.

Наукова сфера: відновлювана енергетика, геотермальна енергетика, використання тепла довкілля.

Публікації: 17.
ORCID: 0000-0002-7763-7080

Контакти: тел./факс +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net

Author information: leading engineer at the Geothermal Energy Department of the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Education: Kherson National Technical University, Faculty of Cybernetics and System Engineering.

Research area: renewable energy, geothermal energy, use of heat environment.

Publications: 17.
ORCID: 0000-0002-7763-7080

Contacts: phone/fax +38 (044) 206-28-09
e-mail: geotherm@ukr.net

Перелік використаних позначень та скорочень:

- | | | | |
|------------------|---|----------------|--|
| ЄС | – Європейський союз; | F | – площа земної поверхні, що припускає устрій геотермального поля для вилучення теплоти Землі, м ² ; |
| ККД | – коефіцієнт корисної дії; | H | – глибина свердловини під геотермальні зонди, м; |
| η | – коефіцієнт корисної дії енергетичної системи з виробництва електричної енергії; | C _v | – середня об'ємна теплоємність товщі верхніх шарів, ккал /м ³ .°C; |
| SPF ₀ | – мінімально допустиме значення середнього розрахункового сезонного коефіцієнту корисної дії; | Δt | – припустиме зниження температурного потенціалу верхніх шарів Землі, °C. |
| V | – об'єм товщі верхніх шарів Землі, м ³ ; | | |

Згідно з директивою 2009/28/ЄС геотермальною є енергія, яка була накопичена у вигляді теплової енергії під твердим шаром земної поверхні, тобто вся кількість теплоти, яка міститься нижче поверхні Землі, є геотермальною енергією [1].

Геотермальна енергія або теплота Землі поділяється на повсюдно-розповсюджені та геотермальні родовища [2].

Повсюдно-розповсюджені геотермальні ресурси – це верхні шари Землі. Їх можна використовувати в якості джерела теплової енергії шляхом застосування теплових насосів, які набувають розповсюдження в Україні, стаючи звичним видом теплоджерел для систем теплопостачання. Аналіз даних імпорту теплових насосів усіх типів в Україну за 2001–2015 рр. дозволяє орієнтовно оцінити їхню накопичену теплову потужність рівнем 1500 МВт [3].

Основні положення нормативних документів ЄС, що стосуються теплових насосів, знайшли відображення в законодавчих актах України, зокрема, Законі України від 01.11.2016 №1711–VII «Про внесення змін в Закон України «Про альтернативні джерела енергії» в частині віднесення теплових насосів до обладнання, яке використовує відновлювані джерела енергії». Основні зміни внесені до статті 10 Закону України «Про альтернативні джерела енергії». Нова редакція статті 10 містить загальні умови віднесення теплових насосів до обладнання відновлюваної енергетики: «Отриману за допомогою теплових насосів аеротермальну, геотермальну та гідротермальну енергію слід вважати отриманою з відновлюваних джерел за умови, що кінцевий вихід енергії значно перевищує споживання первинної енергії, яка необхідна для приводу теплових насосів».

Критерієм віднесення теплового насосу до установок відновлюваної енергетики Директивою [1] встановлюється мінімально допустиме значення середнього розрахункового сезонного коефіцієнту корисної дії (ККД) зазначених теплових насосів (SPF_0), який дорівнює:

$$SPF_0 = 1,15/\eta, \quad (1)$$

де η – коефіцієнт корисної дії енергетичної системи з виробництва електричної енергії, що озна-

чає співвідношення між загальним сукупним виробництвом електроенергії та первинним споживачем енергії для виробництва електроенергії та розраховується за даними енергетичного балансу 28 країн-членів ЄС за 2010 р., що базується на даних Євростату (додаток VII).

Розрахункове значення ККД енергосистем ЄС станом на 2010 рік становило 45,9%, що відповідає значенню SPF_0 для теплових насосів з електричним приводом на рівні 2,5. Розрахунки електричного ККД енергетичної системи України за методикою Eurostat, наведеною в [3], та відповідно до даних енергетичного балансу України за 2010 рік, опублікованого Державною службою статистики України [4], дають значення SPF_0 на рівні 3,2. Цим показникам відповідають теплові насоси, які використовують як джерела низькотемпературної енергії теплоту верхніх шарів Землі.

Глибина верхнього шару Землі, який використовується в якості геотермального ресурсу, є величиною змінною і може коливатися в значних межах. За даними [5, 6] глибина верхнього теплоакumulюючого геологічного шару може становити від 200 до 500 м.

У відповідності до властивостей та напрямків використання, всі земельні ресурси України поділяються на такі цільові категорії:

- землі сільськогосподарського призначення;
- землі лісового фонду;
- землі забудови: землі населених пунктів (міст, селищ міського типу, селищ), землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення;
- землі водного фонду;
- землі рекреаційного та оздоровчого призначення;
- землі природоохоронного, природно-заповідного та історико-культурного призначення;
- землі запасу та інше.

Загальний земельний фонд України складає 60362,8 тис. га. Переважно, це землі сільськогосподарського призначення (71,1%), які надаються для виробництва продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури (табл. 1) [7, 8].

Таблиця 1. Площа забудованих земель України

Table 1. The area of built-up lands of Ukraine

Вид земель	Площа земель	
	Всього, тис. га	Відсоток до загальної площі України, %
Землі забудовані, у тому числі:		
1) під житловою забудовою	422,5	0,7
2) землі промисловості	229,2	0,4
3) землі під відкритими розробками, кар'єрами, шахтами та відповідними спорудами	154,1	0,3
4) землі комерційного використання	37,4	0,1
5) землі громадського призначення	291,8	0,5
6) землі змішаного використання	24,2	0,1
7) землі, які використовуються для транспорту та зв'язку	491,3	0,8
Всього	1650,5	2,9

Верхні шари Землі умовно можна поділити на три шари [9].

Перший шар, де температура ґрунту змінюється під час сезонного коливання температури повітря і впливу сонячної радіації, має глибину коливань, яка на території України становить 3–6 м.

Другий шар, де температура ґрунту є умовно постійною і її коливання по висоті не перевищує декілька градусів, має глибину шару до 200–500 м [5, 6].

Третій шар – той, в якому температура гірських порід починає збільшуватися за глибиною.

У цій роботі ми зосередили увагу на тепловому потенціалі верхніх шарів Землі, в якому температура гірських порід є умовно стабільною, тобто другий шар з наведеної класифікації.

Наведемо приклади гідрогеологічних характеристик районів України до глибини 300 м.

Наявність підземних вод є вирішальним фактором вибору конкретних технологій видобування тепла з верхніх шарів Землі.

Серед характеристик підземних вод розглянемо основні: літологічний склад водовмісних порід, глибина залягання, дебіт свердловин при відповідному пониженні статичного рівня підземних вод, мінералізація,

основний хімічний склад підземних вод [10–14].

Зона Деснянського Полісся. Глибина залягання водоносного горизонту від 90 м на заході до 150 м і більше на сході. Води напірні. Дебіти свердловин змінюються від 0,8 до 10,5 л/с.

В зоні Гірського Криму водоносний горизонт залягає на глибинах від 100–300 м до 500–800 м. Дебіти свердловин складають 1–10 л/с, і більше.

Закарпатська зона інтенсивного водного обміну охоплює товщу, потужність якої понад 300 м, Дебіти свердловин змінюються в широкому діапазоні від 0,1 до 32 л/с у межах Чоп-Мукачевської западини, де залягає зона прісних вод потужністю до 300 м. Дебіти свердловин 10–25 л/с.

Зона складчастого Донбасу, Дністровсько-Бугська зона, зона степового Криму та Передкарпатський артезіанський басейн не містять значну кількість підземних вод на глибинах до 300 м.

Розмір зони, на яку поширюється використання теплоти верхніх шарів Землі, приймається від умовного радіусу міст України. Наприклад для Києва, радіус якого складає 16,6 км, зона, на яку поширюється використання теплоти верхніх шарів Землі, становить 1,5 км, для міст менших за чисельністю проживаючих – до 0,5 км.

Площу міст України наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Площа міст України
Table 2. The Area of Ukrainian Cities

№ п/п	Назва	Площа, км ²
1	Київ	839,0
2	Дніпро	570,7
3	Кривий Ріг	410,0
4	Донецьк	385,0
5	Харків	306,0
6	Миколаїв	260,0
7	Маріуполь	243,9
8	Запоріжжя	240,0
9	Одеса	236,9
10	Львів	182,01

Сумарна площа всіх міст України складає 17392,77 км².

Колективом Інституту геофізики ім. С.І.Суботіна НАН України було проведено заміри температур верхніх шарів Землі до глибини 300 м в районах Дніпрово-Донецької западини,

на схилі Українського щита, в Карпатах, Закарпатському прогині та Криму [15], які використано для розрахунку теплового потенціалу за допомогою теплових насосів. Дані показників температур на глибині до 300 м наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Показники температури на глибинах до 300 м на території України
Table 3. Indicators of temperature down to a depth of 300 m on the territory of Ukraine

№ свердловини	Глибина, м	Температура, °С
1	180	10,50
2	250	24,80
3	300	28,07
4	220	20,67
6	180	19,36
7	300	18,40
8	300	28,19
9	300	22,45
10	180	10,62
11	300	27,07
12	300	19,85
13	300	20,56
16	200	19,82
17	300	23,30
18	250	16,18
19	300	23,32
20	300	18,68
21	300	23,62

Вважаємо, що охолодження глибинних шарів Землі відбувається до температури не нижче 0 °С [16]. Це обумовлено необхідністю дотримуватися режиму охолодження ґрунтів за сезонною зміною температури на глибинах бі-

льше 3 м, а також тим, що на глибинах до 300 м за гідрогеологічних умов на території України містяться верхні та ґрунтові води. Дані щодо ізотерм на глибині 25 м на території України наведено на рисунку 1.



Рис. 1. Дані щодо ізотерм на глибині 25 м на території України

Fig. 1. Data on isotherms at a depth of 25 m across the territory of Ukraine

Орієнтовно апроксимуємо температуру до глибини 300 м (таблиця 4).

Таблиця 4. Температури на глибинах 25 та 300 м

Table 4. Temperatures at depths of 25 and 300 m

№ п/п	Місто	Температура, °С на глибині		Середня температура по глибині, °С
		25 м	300 м	
1	2	3	4	5
1	Вінниця	9,2	16,08	12,64
2	Дніпро	10,4	17,28	13,84
3	Донецьк	9,9	16,78	13,34
4	Житомир	9	15,88	12,44
5	Запоріжжя	10,5	17,38	13,94
6	Івано-Франківськ	9,4	16,28	12,84
7	Київ	9,5	16,38	12,94
8	Кропивницький	9,9	16,78	13,34
9	Луганськ	9,5	16,38	12,94
10	Луцьк	8,8	15,68	12,24
11	Львів	9,3	16,18	12,74
12	Миколаїв	12	18,88	15,44
13	Одеса	12,5	19,38	15,94
14	Полтава	9,6	16,48	13,04
15	Рівне	8,9	15,78	12,34
16	Суми	8,8	15,68	12,24

1	2	3	4	5
17	Тернопіль	8,9	15,78	12,34
18	Ужгород	11	17,88	14,44
19	Харків	9	15,88	12,44
20	Херсон	2,5	9,38	5,94
21	Хмельницький	9	15,88	12,44
22	Черкаси	9,7	16,58	13,14
23	Чернівці	10	16,88	13,44
24	Чернігів	8,8	15,68	12,24
25	АР Крим (м. Сімферополь)	13	19,88	16,44

Для оцінки теплового потенціалу верхніх шарів Землі приймалися такі вихідні дані та припущення.

Житловий фонд будинків, що приймаються в експлуатацію, щорічно складає 9,67 млн. м² (за даними 2010–2017 рр.) при загальному житловому фонді України 977,9 млн. м² (2016 р.) [17]. При цьому у міських поселеннях в середньому за рік вводиться в експлуатацію 6,68 млн. м² загальної площі на рік, у сільській місцевості – 2,99 млн. м². Середня поверховість забудови по країні для міських поселень приймається 3 поверхи, для сільської місцевості – 1 поверх. Таким чином, площу поверхні землі, що займається житловими будинками за рік, можна оцінити у 5,22 млн. м². За нашими оцінками, за умови збереження існуючого тренду введення нових будинків, у наступні 20 років ними буде зайнято близько 104,4 млн. м² земної поверхні.

Потенціал теплоти верхніх шарів Землі розраховується за формулою [9]:

$$Q = V \cdot C_v \cdot \Delta t \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал} \quad (2)$$

де $V = F \cdot H$ – об’єм товщі верхніх шарів Землі, м³; F – площа земної поверхні, що припускає устрій геотермального поля для вилучення теплоти Землі, м², H – глибина свердловини під геотермальні зонди, м, C_v – середня об’ємна теплоємність товщі верхніх шарів, ккал/м³·°C; Δt – припустиме зниження температурного потенціалу верхніх шарів Землі, °C.

Глибина ґрунтового масиву забудованих земель для використання низькопотенційної теплоти ґрунту поверхневих шарів Землі за багатьма дослідженнями складає 300 м, об’ємна теплоємність ґрунтового масиву 600 ккал/м³·°C, припус-

тимо зниження температурного потенціалу поверхневих шарів Землі становить 10 °C.

За теперішнього стану розвитку теплонасосних технологій, термін використання теплового потенціалу верхніх шарів землі може бути оцінений у 20 років.

Якщо вважати, що площа земної поверхні, на якій можливо облаштовувати геотермальні поля для вилучення теплоти Землі, дорівнює площі, що займає житловий будинок, то потенціал використання теплоти верхніх шарів Землі складає 187,8 млн. Гкал (26,8 млн. т у.п.).

Висновки: 1. Запропоновано прогностичну оцінку енергетичного потенціалу видобування теплоти за рахунок енергії верхніх шарів Землі на об’єктах нового будівництва, який становить 26,8 млн. т у.п.

2. Аналіз показує, що на глибинах до 300 м підземні шари в більшості районів України мають водоносні горизонти, у зв’язку з цим системи видобування теплоти верхніх шарів Землі повинні бути максимально наближені до систем з герметизацією водяного контуру, при якій можливе екологічно безпечне використання верхніх шарів Землі.

3. З метою запобігання негативного впливу на верхні шари та ґрунт в розрахунках прийнято, що охолодження верхніх шарів Землі здійснюється до температури 4 °C.

4. З метою збільшення терміну експлуатації системи видобування низькопотенційної теплоти вважаємо за доцільне здійснювати її роботу шляхом відновлення природного температурного поля. Відновлення природного температурного поля можливо здійснити за рахунок використання накопиченої теплоти в системах кондиціонування повітря із застосуванням реверсивних теплових насосів в міжопалувальний та літній періоди.

1. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року Про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел тощо. / Офіційний вісник європейського союзу 5.6.2009. L140/16-L140/62.

2. Морозов Ю.П. Добыча геотермальных ресурсов и аккумулярование теплоты в подземных горизонтах: [Монография] / Ю.П. Морозов. – Киев: Наукова думка, 2017. – 198 с.

3. Басок Б., Дубовской С. Методологические особенности оценки располагаемой мощности тепловых насосов в Украине // Насосы и оборудование. – 2017. – №3 (104). – С. 42–44.

4. Мінімальне допустиме значення середнього розрахункового сезонного коефіцієнту корисної дії / Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>. – Назва з екрану.

5. VDI (2000). Thermische Nutzung des Untergrundes – Richtlinie VDI 4640, Blatt 1 – Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Beuth Verlag, Berlin. (Використання теплоти верхніх шарів Землі – Основні положення, вимоги, екологічні аспекти).

6. VDI (2001). Thermische Nutzung des Untergrundes – Richtlinie VDI 4640, Blatt 2 – Erdgekoppelte Wärmepumpen. Beuth Verlag, Berlin. (Використання теплоти верхніх шарів Землі – Теплонасосні системи з підземними джерелами енергії).

7. Портал kadastrua. Сравнительная характеристика современного использования земель в составе административно территориальных образований Украины и Крыма [Електронний документ]. Url: <http://kadastrua.ru/prakticheskie-raboty/51-sravnitel'naya-kharakteristika-ispolzovaniya-zemel.html>. Дата звернення 12.11.2015.

8. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. Райони України. [Електронний документ]. Url: https://uk.wikipedia.org/wiki/Райони_України. Дата звернення 12.11.2015.

9. Морозов Ю.П., Величко В.В. Оцінка енергетичного потенціалу низькопотенційної теплоти ґрунту поверхневих шарів землі на території України / Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». – Київ, 27–29 вересня 2017 р. – С. 598–603.

10. Барило А.А., Кушнір І.А., Швець М.Ю. Районирование территории Украины с целью анализа возможности использования подземных вод в теплонасосных установках / Матеріали VII Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття». – АР Крим. – 2006. – С. 231–232.

11. Отчет «Составление специальной гидрогеологической карты грунтовых вод УССР масштаба 1:500000», 198 с.

12. Бабицея А.Е., Марус В.И., Кононова И.М. Минеральные и термальные воды Советских Карпат. – К.: Наукова думка. – 167 с.

13. Гидрогеология СССР. Москва: 1959. – 230 с.

14. Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И., Огняник Н.С. Постоянно действующая модель степного Крыма для изучения гидрогеологических условий. – К.: Наукова думка, 1980. – 138 с.

15. Теплове поле території України / В.В. Гордієнко, І.В. Гордієнко, О.В. Завгородня, О.В. Усенко – К.: Знання України, 2002. – 168 с.

16. Шульгин А.М. Температурный режим почвы [Текст] / А.М. Шульгин – Л.: Гидрометеоздат, 1957. – 242 с.

17. Загальна площа та кількість квартир в прийнятих в експлуатацію житлових будинках. Житловий фонд України / Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>. – Назва з екрану.

ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЕРХНИХ СЛОЕВ ЗЕМЛИ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Ю.П. Морозов, доктор технических наук, **В.В. Величко**, **И.А. Кушнір**

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, 02094 ул. Гната Хоткевича, 20А, г. Киев

Проведен анализ основных положений нормативных документов ЕС и законодательных актов Украины в части отнесения тепловых насосов к оборудованию, которое использует возобновляемые источники энергии и выбора критерия такого отнесения. Рассмотрены минимально допустимые значения среднего расчетного сезонного коэффициента полезного действия (КПД). Приведены для сравнения расчетные значения КПД энергосистем ЕС и Украины. Этим показателям соответствуют тепловые насосы, использующие в качестве источника низкотемпературной энергии теплоту верхних слоев Земли. Проведен анализ гидрогеологических и геотермических условий верхних слоев Земли глубиной до 300 м с целью их использования для геотермального теплоснабжения с применением тепловых насосов. Были учтены данные по площади застройки земель общественного назначения и площади городов Украины. Температуры поверхностных слоев Земли до глубины 300 м были приняты на основании данных их фактического замера. Приведенные данные по содержанию воды на территории Украины до глубины 300 м, которые необходимо учитывать при разработке технологий систем добычи теплоты верхних слоев Земли, должны быть максимально приближены к системам с герметизацией водяного контура, позволяет безопасно использовать ресурсы поверхностных слоев Земли. Рассмотрены вопросы увеличения срока эксплуатации системы добычи низкопотенциальной теплоты, считается целесообразным осуществлять ее работу путем восстановления природного температурного поля. Предложено осуществлять восстановление природного температурного поля за счет использования накопленной теплоты в системах кондиционирования воздуха с применением реверсивных тепловых насосов в неотапливаемый период года. Рассмотрены исходные данные и предположения для оценки теплового потенциала верхних слоев Земли, который может использоваться для геотермального теплоснабжения с применением тепловых насосов. Оценен потенциал теплоты верхних слоев Земли с учетом площади пригородной зоны городов Украины на глубине до 300 м, который составляет 26,8 млн. т у.т. (187,8 млн. Гкал). Библ. 17, табл. 4, рис. 1.

Ключевые слова: вертикальная скважина, горный массив, верхние слои Земли, тепловой насос, тепловой потенциал.

REFERENCES

1. Directive 2009/28 / EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of energy produced from renewable sources, etc. / Official Journal of the European Union 5.6.2009. L140/16-L140/62.
2. Morozov Yu.P. Dobycha geotermal'nyh resursov i akumulirovanie teploty v podzemnyh gorizontah [Extraction of geothermal resources and accumulation of heat in underground horizons]. Kyiv: Nauk. Dumka, 2017, 198 p. [in Russian]
3. Basok B., Dubovskoy S. Metodologicheskie osobennosti ocenki raspolagaemoj moshhnosti teplovyh nasosov v Ukraine [Methodological features of estimation of the available power of heat pumps in Ukraine]. Nasosy i oborudovanie [Pumps and equipment]. 2017. no. 3 (104), pp. 42-44. [in Russian]
4. State Statistics Committee of Ukraine. Minimal'ne dopustyme znachennia seredn'oho rozra-khunkovoho sezonnoho koefitsientu korysnoi dii [Minimum permissible value of the average disaggregated seasonal rate of return]. Retrieved June 23, 2018, from <http://ukrstat.gov.ua>. [in Ukrainian]
5. VDI (2000). Thermische Nutzung des Untergrundes – Richtlinie VDI 4640, Blatt 1 – Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Beuth Verlag, Berlin [in German]
6. VDI (2001). Thermische Nutzung des Untergrundes – Richtlinie VDI 4640, Blatt 2 – Erdgekoppelte Wärmepumpen. Beuth Verlag, Berlin [in German]
7. Sravnitel'naja charakteristika sovremennogo ispol'zovaniia zemel' v sostave administrativno territorial'nyh obrazovaniy Ukrainy i Kryma [Comparative characteristic of the modern use of land in the administrative and territorial units of Ukraine and the Crimea] Retrieved November 12, 2015, from <http://kadastrua.ru/prakticheskie-raboty/51-sravnitel'naya-kharakteristika-ispolzovaniya-zemel.html>. [in Russian]
8. Rajony Ukrainy. [Regions of Ukraine]. Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved November 12, 2015, from https://uk.wikipedia.org/wiki/Royony_Ukraine. [in Ukrainian]
9. Morozov Yu.P., Velichko V.V. Otsinka enerhetychnoho potentsialu nyz'kopotentsijnoi teploty gruntu poverkhnevyykh shariv zemli na terytorii Ukrainy [Estimation of the energy potential of low-potential soil heat of surface layers of land in Ukraine]. Materials of the XVI²² International Scientific and Practical Conference "Renewable Energy and Energy Efficiency in the 21st Century". Kyiv, September 27-29, 2017. p.598-603. [in Ukrainian]
10. Barilo A.A., Kushnir I.A., Shvets M.Yu. Rajonirovanie territorii Ukrainy s cel'ju analiza vozmozhnosti ispol'zovaniia podzemnyh vod v teplonasosnyh ustanovkakh [Regionalization of territory of Ukraine for the purpose of analysis of the possibility of using groundwater in heat pump plants]. Materials of the VII International Conference "Renewable Energy of the 21st Century", Crimea, 2006, pp. 231-232. [in Russian]
11. Sostavlenie special'noj gidro-geologicheskoy karty gruntovyh vod USSR masshtaba 1:500000 [Preparation of a

special hydro-geological map of groundwater of the USSR scale 1: 500000], Report, 198 p. [in Russian]

12. Babinec A.E., Marus V.I., Kononova I.M.. Mineral'nye i termal'nye vody Sovetskikh Karpat [Mineral and thermal waters of the Soviet Carpathians] Kiev, Nauk. Dumka, 167 p. [in Russian]

13. Hidrogeologija SSSR [Hydrogeology of the USSR]. Moscow, 1959, 230 p. [in Russian]

14. Kamensky G.N., Tolstikhin M.M., Tolstikhin N.I., Ognyanik N.S. Postojanno dejstvujushhaja model' stepnogo Kryma dlja izuchenija gidrogeologicheskikh uslovij [The permanent model of the steppe Crimea for the study of hydrogeological conditions]. Kiev, Nauk. Dumka, 1980, 138 p. [in Russian]

15. Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnia O.V., Usenko O.V. Teplove pole terytorii Ukrainy [Thermal field of the territory of Ukraine]. Kyiv: Znannia Ukrainy, 2002, 168 p. ISBN 966-79999-55-6. [in Ukrainian]

16. Shulgin A.Ā. Temperaturnyj rezhim pochvy [Temperature regime of soil]. L.: Hydrometeoizdat, 1957, 242 p. [in Russian]

17. State Statistics Committee of Ukraine. Zahal'na ploscha ta kil'kist' kvartyr v pryjniatykh v ekspluatatsiiu zhytlovykh budynkakh. Zhytlovyj fond Ukrainy [Total area and number of apartments in residential buildings. Housing Fund of Ukraine]. Retrieved June 23, 2018, from <http://ukrstat.gov.ua>. [in Ukrainian]

SYNOPSIS

The paper presents an analysis of the hydrogeological and geothermal conditions of the upper layers of the Earth down to a depth of 300 m for the purpose of their use for geothermal heat supply with the use of heat pumps. It takes into account the data for the area of development of public land and the area of Ukrainian cities. The temperatures of the deep layers of the Earth down to a depth of 300 m were taken on the basis of the data of their actual measurement. The data on the water content on the territory of Ukraine down to a depth of 300 m, which must be taken into account when developing the technologies of systems for extracting heat from the upper layers of the Earth, is given. The potential of the heat of the upper layers of the Earth is estimated taking into account the area of the suburban zone of the cities of Ukraine at a depth of 300 m, which is 26,8 million tons of conditional fuel (187,8 million Gcal).

РЕФЕРАТ

Проведено аналіз гідрогеологічних і геотермічних умов верхніх шарів Землі глибиною до 300 м з метою їхнього використання для геотермального теплопостачання із застосуванням теплових насосів. Були враховані дані щодо площі забудови земель громадського призначення та площі міст України. Температури глибинних шарів Землі до глибини 300 м були прийняті на підставі даних їхнього фактичного заміру. Наведені дані щодо вмісту води на території України до глибини 300 м, які необхідно враховувати при розробці технологій систем видобування теплоти верхніх шарів Землі. Оцінено потенціал теплоти верхніх шарів Землі з урахуванням площі приміської зони міст України на глибині 300 м, який складає 26,8 млн. т у.п (187,8 млн. Гкал).

Стаття надійшла до редакції 16.11.18

Остаточна версія 30.11.18