УДК 620.92:66.045.3:624.131.6

Г. Г. Дідківська, З. В. Маслюкова, Є. Г. Новицька

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУВАННЯ ТЕРМАЛЬНИХ ВОД В РАЙОНІ м. ІЛЛІЧІВСЬК ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

(Рекомендовано акад. НАН України В. І. Ляльком)

Проанализированы геологические, геотермические и гидрогеологические условия района г. Ильичевск Одесской области. На основе анализа установлено, что в районе города есть необходимые предпосылки для образования месторождения теплоэнергетических вод. Определены перспективы добычи геотермального теплоносителя в количестве, достаточном для теплоснабжения жилого массива площадью 220 тыс. м^2, расположенного возле города. Рассчитаны ожидаемые капиталовложения и эксплуатационные расходы, необходимые для реализации проекта теплоснабжения жилого массива, а также сделана оценка экономической эффективности этого проекта.

The geological, geotermics and hydrogeological conditions of Illichivsk region of Odeska district have been analyzed. On the base of analysis there have been determined that there are necessary grounds for formation of thermal energy water deposit. There have been determined the prospects of geothermal heatcarrying extraction in quantity sufficient for heatsupply of dwelling massif with square of 220 th. m ^{2} situated near the town. Un expected investments and exploitation expenditures necessary for realization of heatsupply project for dwelling massif have been calculated and an estimation of economic efficiency of this project is done.

Постановка проблеми

Одним із шляхів скорочення споживання в Україні традиційних видів палива є впровадження відновлюваних джерел енергії, до яких відносяться геотермальна енергія, що міститься у термальних водах.

Родовища термальних вод, придатних до промислового освоєння, розташовані в Закарпатській, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях та АР Крим. Менш значний потенціал геотермальних вод в Полтавській, Харківській, Сумській та Чернігівській областях [6].

В Одеської області поблизу м. Іллічівськ плануються роботи зі створення системи геотермального теплопостачання житлового масиву, опалювальна площа якого становить 220 тис. м^2. Для цього потрібне геологічне обґрунтування наявності в цьому районі відповідних геолого-гідрогеотермічних умов, що сприяють утворенню тут родовища теплоенергетичних вод.

Саме тому метою роботи є визначення на основі аналізу існуючих геологічних, геотермічних та гідрогеологічних матеріалів перспектив видобування геотермального теплоносія в кількості, достатній для теплопостачання житлового масиву, а також економічна оцінка цього проекту.

© Г. Г. Дідківська, З. В. Маслюкова, Є. Г. Новицька, 2013

Виклад основного матеріалу

Місто Іллічівськ знаходиться в 16 км від м. Одеса на правому березі Сухого лиману. Чисельність населення становить 66 тис. чоловік, територія – 25 км^2. В місті є найбільший морський порт Чорного моря та існує чітке зонування території на промислові райони та житлові райони. Між ними простягається широка смуга зелених насаджень. Вздовж південного берега лиману розташовані десятки причалів Іллічівського морського торгового порту. Приморська зона міста має добрий благоустрій. В ній знаходяться парк, пляж, водна станція, а також численні бази відпочинку.

Як відомо, основними умовами утворення родовищ теплоенергетичних вод є сприятлива геологічна будова території, наявність джерел глибинного тепла та проникних водовміщуючих порід.

Згідно з відомостями про геологічну будову даного району, поверхня кристалічного фундаменту залягає в районі м. Іллічівськ на глибині близько 1900 м [9], тобто геотермальне родовище може утворитись на глибині до 1900 м. Крім того, територія знаходиться в межах Балтської западини [2], яка

виповнена осадовими породами різного віку, що поступово занурюються в південно-східному напрямку.

Джерела глибинного тепла поблизу м. Іллічівськ визначаються глибинним тепловим потоком та тектонічними розломами. Середнє значення теплового потоку в районі м. Іллічівськ становить близько 50 МВт/м^2 [3], тут можуть формуватись води з температурою до 70°С.

Глибина залягання водоносного комплексу, що планується до експлуатації, сягає 1670–1900 м. Згідно з ізолініями глибин залягання ізотерми 50°С [5], в районі м. Іллічівськ ця ізотерма залягає приблизно на глибині 1300 м. Тоді середня температура теплоносія у планованому до розробки інтервалі водовміщуючих порід становитиме 68,5°С, а на гирлі видобувної свердловини – 60°С.

В нижній частині розрізу Іллічівської пошукової свердловини можна очікувати два водоносних горизонти водовміщуючих порід: 1– верхньокрейдових покладів і 2 – нижньосилурійських покладів.

Використовуючи результати польового тестування Мирненської свердловини, пробуреної поблизу Іллічівської площі, можна стверджувати, що з точки зору видобування теплоенергетичних вод інтерес становлять лише водоносні колектори нижньосилурійських покладів, які в Мирненській свердловині знаходяться в межах глибин 967–1495 м.

Водоносний горизонт нижньосилурійських покладів може вміщувати три водоносних колектори.

Перший водоносний колектор у нижньосилурійських покладах, розкритий Мирненською свердловиною, знаходиться в інтервалі 967–972 м. Водовміщуючими породами є поліміктові піщаники, що перешаровуються з рідкісними прошарками глинистих алевролітів і аргілітів. Статичний рівень води не визначався. Дебіти – 1,3 м^3/добу при пониженні 651 м і 4,2 м^3/добу при пониженні 959 м.

Другий водоносний колектор, розкритий Мирненською свердловиною, знаходиться в інтервалі 1206–1210 м. Водоносними тут є досить потужні пачки поліміктових піщаників, грубо- і різнозернисті, іноді з гравієвим матеріалом. Цей водоносний колектор відрізняється порівняно великою водообільністю серед нижньосилурійських. Дебіт його 13,2 м^3/добу при пониженні 133 м. Статичний рівень встановлений на глибині близько 64 м від гирла. За хімічним складом води горизонту відносяться до хлоркальцієвого типу.

Третій водоносний колектор в Мирненській свердловині розкритий в інтервалі 1490–1495 м. Водовміщуючі породи – кварцитоподібні піщаники. Горизонт має низький дебіт – 1,15 м^3/добу при пониженні 350 м. За хімічним складом води горизонт належить до хлоркальцієвого типу.

З урахуванням відомостей про літологічний склад водовміщуючого колектора, методом аналогій, використовуючи довідкову літературу, з певною мірою наближення визначені фізичні і теплофізичні властивості порід та пластової рідини, які становлять: густина порід – 2300 кг/м^3 [8]; густина пластових вод – 1100 кг/м^3 [7]; динамічна в'язкість пластових вод – 1,002 сантипуаз [7]; коефіцієнт теплопровідності порід – 1,1 ккал/м·год.·°С; коефіцієнт теплопровідності пластової води – 1,43 ккал/м·год.·°С [7]; теплоємність порід – 0,191 ккал/г·°С [7]; теплоємність води – 1000 Дж/кг·°С [7]; пористість порід – 11% [6]; коефіцієнт об'ємного стиску геотермальних вод – $5 \cdot 10^{-5}$ 1/ат [1].

На підставі вищесказаного можна стверджувати, що в районі м. Іллічівськ є необхідні передумови для утворення родовища теплоенергетичних вод.

Зробімо економічну оцінку ефективності використання геотермальних вод для теплопостачання житлового масиву поблизу м. Іллічівськ.

Для цього розглянемо такі варіанти схеми геотермального теплопостачання:

1. Схема низькотемпературного геотермального теплопостачання на основі теплоенергетичних вод з температурою 60°С. Ця схема передбачає використання спеціальних обігрівачів приміщень, розрахованих на графік температур мережевої води 60–35°С.

2. Схема комбінованого геотермально-паливного теплопостачання, розрахована на традиційні обігрівачі з графіком температур мережевої води 95–70°С. В основному система теплопостачання працює на

геотермальному теплоносії. Піковий же підігрів мережевої води в найбільш холодні години здійснюється за допомогою пікового котла, що працює на відходах деревини.

3. Система комбінованого геотермально-паливного теплопостачання, розрахована на традиційні обігрівачі з графіком температур мережевої води 95–75°С. В основному система працює на геотермальному теплоносії. Піковий же підігрів мережевої води в найбільш холодні години здійснюється за допомогою пікового котла, що використовує природний газ.

Для зазначених схем за допомогою графіків теплового навантаження визначені витрати теплоти, необхідні для покриття цього навантаження. Вони становлять 44 815 МВт·год./рік. Причому при низькотемпературному теплопостачанні всі ці витрати теплоти покриваються геотермальною енергією, а при геотермально-паливному варіанті 35 403 МВт·год./рік покриваються геотермальним джерелом, а 9412 МВт·год./рік виробляються паливним котлом. Потужність геотермального джерела для варіантів геотермально-паливної системи становить 13,5 МВт. Вказане визначається за сумісним графіком теплового навантаження.

Визначимо кількість термальної води з температурою 60°С, яка необхідна для вироблення 44 815 та 35 403 МВт·год./рік. Для цього використаємо таку залежність:

$$Q = \frac{N}{\eta \cdot \Delta T \cdot C}, \qquad (1)$$

де Q – об'єми видобування геотермальних вод; N – максимальне теплове навантаження системи теплопостачання, тобто теплова потужність геотермального джерела теплоти; ΔT – температурний перепад, що спрацьовується при використанні геотермальної води, приймаємо, згідно з прийнятим температурним графіком мережевої води 60°С–35°С, рівним 25°С; η – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти у теплообмінниках, приймаємо рівним 0,98; C – питома теплоємність геотермальних вод, приймаємо рівною 4200 Дж/кг·°С.

Підставляючи в залежність (1) числові значення величин і враховуючи, що 1 МВт = $= 10^6$ Дж/сек, отримуємо:

$$Q^{\text{геот}} = \frac{17,0 \cdot 10^6 \text{ Дж/сек}}{0,98 \cdot (60\,^{\circ}\text{С} - 35\,^{\circ}\text{С}) \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot {}^{\circ}\text{С}} =$$

$$= 165 \text{ кг/сек} = 14\,256 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q^{\text{геот.пал}} = \frac{13,5 \cdot 10^6 \text{ Дж/сек}}{0,98 \cdot (60\,^{\circ}\text{С} - 5\,^{\circ}\text{С}) \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot {}^{\circ}\text{С}} =$$

$$= 131 \text{ кг/сек} = 11\,318 \text{ м}^3/\text{добу}. \qquad (2)$$

З метою підвищення природних дебітів діючих свердловин при розробці Іллічівського родовища теплоенергетичних вод запропоновано застосовувати в цих свердловинах методи інтенсифікації припливу, які широко використовуються у вітчизняній та іноземній нафтогазовидобувній промисловості, а саме: гідророзрив, кумулятивні вибухи, солянокислотну обробку тощо. Досвід застосування зазначених методів показує, що в результаті можна збільшити дебіт свердловини в 10–30 разів.

Обчислюємо необхідну кількість видобувних свердловин, враховуючи, що однією свердловиною передбачається вивести на поверхню в середньому 1800 м^3/добу термальних вод:

$$n^{\text{геот}} = \frac{14256 \text{ м}^3/\text{добу}}{1800 \text{ м}^3/\text{добу}} = 8 \text{ свердловин};$$

$$n^{\text{геот. пал}} = \frac{11318 \text{ м}^3/\text{добу}}{1800 \text{ м}^3/\text{добу}} = 6 \text{ свердловин}. \qquad (3)$$

Обчислюємо основні техніко-економічні показники системи геотермального теплопостачання для зазначених трьох можливих варіантів її створення. Для цього перш за все оцінимо очікувані капітальні та експлуатаційні витрати, потрібні для реалізації запропонованих варіантів системи геотермального теплопостачання. Результати оцінки наведені в табл. 1, 2.

Використовуючи розраховані капіталовкладення та експлуатаційні витрати, обчислюємо основні техніко-економічні показники розглянутих варіантів системи геотермального теплопостачання житлового масиву опалювальною площею 220 тис. м^2 поблизу м. Іллічівськ Одеської області. Ці показники наведені в табл. 3.

Таблиця 1. **Капітальні витрати, необхідні для створення системи геотермального теплопостачання**

Перелік витрат	Величина, дол. США		
	Геотермальна	Котел на деревині	Котел на природному газі
1. Проектні та підготовчі роботи (2% від суми витрат по пунктах 2–6)	365 000	328 600	324 600
2. Витрати на будівництво свердловин. Вартість однієї свердловини глибиною 1900 м прийнята рівною 1,8 млн дол. США	18 000 000	14 400 000	14 400 000
3. Витрати на будівництво пікової котельні	–	1 200 000	1 000 000
4. Витрати на обладнання для геотермального промислу	40 000	30 000	30 000
5. Вартість теплоізольованих трубопроводів [4]	40 000	300 000	300 000
6. Вартість будівельно-монтажних робіт	170 000	500 000	500 000
Всього капітальних витрат	18 615 000	16 758 600	16 554 600

Таблиця 2. **Річні експлуатаційні витрати, необхідні для експлуатації системи геотермального теплопостачання**

Перелік витрат	Величина, дол. США		
	Геотермальна	Піковий котел на деревині	Піковий котел на природному газі
1. Витрати на електроенергію. Прийняті за аналогією з роботою [4]	340 000	170 000	170 000
2. Витрати на паливо для паливної котельні (вартість відходив деревини – 30 дол. США за 1 т; вартість природного газу дорівнює 688 дол. США за 1000 м^3)	0	69 420	647 920
3. Витрати на поточний ремонт. Приймаються, згідно з роботою [4], рівними 20% від амортизаційних відрахувань	111 690	100 551	99 328
4. Витрати на утримання та експлуатацію автотранспорту	34 800	34 800	34 800
5. Витрати на оплату оренди земельної ділянки площею 3 га	6 000	6 000	6 000
6. Витрати на заробітну плату персоналу. Аналогічно з роботою [4]	72 300	234 729	234 729
7. Накладні витрати (відрахування на утримання допоміжних підрозділів, вищих організацій тощо). Приймаються рівними 50% фонду заробітної плати	36 150	117 364	117 364
8. Податки (комунальний податок, податок на дороги тощо). Прийняті рівними 10% фонду заробітної плати	7 230	23 473	23 473
9. Інші витрати (на техніку безпеки, пожежну безпеку, охорону, зв'язок, спецодяг, хімреактиви тощо)	49 900	133 130	133 130
10. Всього адміністративно-функціональних витрат	660 273	889 467	1 466 744
11. Амортизація. Приймається рівною 3% від величини капітальних витрат, що наведені у табл. 1, на підставі того, що термін експлуатації геотермальних свердловин становить 30 років	558 450	502 758	496 638
Всього експлуатаційних витрат, необхідних для роботи геотермального промислу	1 218 723	13 92 225	1 963 352

Висновки

1. Аналіз наявної геологічної інформації про геологічну будову та гідрогеологічні умови Причорноморської западини дозволяє стверджувати, що в районі м. Іллічівськ Одеської області в інтервалі глибин 1600–1900 м залягають водовміщуючі породи, з яких можливе видобування теплоенергетичних вод.

2. Очікувана температура продуктивної товщі в межах глибин 1600–1900 м може становити близько 60°С.

3. В результаті техніко-економічного аналізу трьох можливих варіантів створення системи теплопостачання житлового масиву опалювальною площею 220 тис. м^2 встановлено таке:

– для варіанту геотермального низькотемпературного теплопостачання потрібні капіталовкладення у розмірі 19 млн дол. США, собівартість 1 МВт·год. теплоти становитиме 27,4 дол. США, а термін окупності – 7,2 роки;

– для варіанту геотермально-паливної системи теплопостачання з піковим

Таблиця 3. **Основні техніко-економічні показники системи геотермального теплопостачання**

Перелік показників	Значення		
	Геотермальна	Піковий котел на деревині	Піковий котел на природному газі
1. Капітальні витрати, дол. США	18 615 000	16 758 600	16 554 600
2. Експлуатаційні витрати, дол. США/рік	1 218 723	1 392 225	1 963 352
3. Річне виробництво теплоти, МВт·год.	4 415	44 815	4 415
4. Питомі капіталовкладення, дол. США/кВт	1 117	986	974
5. Собівартість 1 МВт·год. теплоти, дол. США	27,4	31	43,8
6. Собівартість 1 Гкал теплоти, дол. США	31,8	36	50,9
7. Відпускна ціна на 1 МВт·год. теплоти. Дорівнює собівартості 1 МВт·год. теплоти, що виробляється газовою котельнею, дол. США	102	102	102
8. Відпускна ціна на 1 Гкал теплоти, дол. США	118,6	118,6	118,6
9. Річний валовий дохід від реалізації теплоти, дол. США	4 571 130	4 571 130	4 571 130
10. Річний валовий прибуток, дол. США	3 341 391	3 178 905	2 607 778
11. Податок на прибуток (21%), дол. США	701 692	667 570	547 633
12. Річний виробничий прибуток, дол. США	2 639 699	2 511 335	2 060 145
13. Термін окупності, роки	7,2	6,7	8,0

підігрівом внаслідок спалювання відходів деревини потрібні капіталовкладення у розмірі 16,7 млн дол. США, собівартість 1 МВт·год. теплоти становитиме 31 дол. США, а термін окупності – 6,7 років;

– для варіанту геотермально-паливної системи теплопостачання з піковим підігрівом в результаті спалювання природного газу потрібні капіталовкладення у розмірі 16,5 млн дол. США, собівартість 1 МВт·год. теплоти становитиме 43,8 дол. США, а термін окупності – 8 років.

Список літератури

1. *Альтовский М. Е.* Справочник гидрогеолога. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 615 с.
2. *Бондарчук В. Г.* Геологическая структура Причерноморской низменности // Докл. АН УССР. – 1950. – № 1. – С. 23–27.
3. *Гордиенко В. В., Гордиенко В. Н., Завгородняя Н. И. и др.* Геотермический атлас Украины. – Киев, 2004. – 59 с.
4. *Експертна* геолого-економічна оцінка можливості використання геотермальних вод для теплопостачання житлового масиву площею 220 тис. м² поблизу м. Іллічівськ Одеської області. – К., 2012. – 42 с.
5. *Земная* кора и история развития Черноморской впадины / Ред. Ю. Д. Буланже, М. В . Муратова, С. И. Субботина, Б. К. Балавадзе. – Киев: Наук. думка, 1975. – 403 с.
6. *Лялько В. И.* Тепломассоперенос в литосфере. – Киев: Наук. думка, 1985. – 260 с.
7. *Максимов В. М.* Справочное руководство гидрогеолога. – Л.: Недра, 1979. – Т.1. – 512 с.
8. *Перельман В. И.* Краткий справочник химика. – М.: Химия, 1964. – 621 с.
9. *Физические* величины. Справочник / Под ред. Григорьева И. С., Мейлихова Е. З. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 231 с.
10. *Чекунов А. В., Веселов А. А., Гилькман А. И.* Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба. – Киев: Наук. думка, 1976. – 162 с.

Ін-т відновлюваної енергетики НАН України,
Київ
E-mail: biomassa@ukr.net

Стаття надійшла 23.07.12