

УДК 620.9:621.482

ДОСЛІДЖЕННЯ СВЕРДЛОВИННИХ ТЕРМОГРАМ БЕРЕГІВСЬКОГО ГІДРОТЕРМАЛЬНОГО РОДОВИЩА

А.А.Барило

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

Тел./факс +38-044-206-28-09, e-mail: renewable@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7981-6464

Виконана інтерпретація свердловинних термограм Березівського геотермального родовища з метою уточнення його концептуальної моделі. Визначено основні джерела формування експлуатаційних запасів родовища. Показано, що тепловий режим в основному формується під дією кондуктивної складової, тоді як перенесення тепла фільтрацією підземних вод має підлегле значення. Бібл. 14, табл. 3, рис. 5.

Ключові слова: термограма, тепловий потік, геотермічний градієнт, конвективна складова, теплопровідність.

INVESTIGATION OF BOREHOLE THERMOGRAMS OF THE BEREGOVSKY HYDROTHERMAL DEPOSIT

Barylo A.

Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Hnata Khotkevycha, 20A, 02094, Kyiv-94, Ukraine

Phone/fax: +38-044-206-28-09, e-mail: renewable@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7981-6464

Interpretation of the borehole thermograms for the Beregovsky geothermal deposit was carried out in order to clarify its conceptual natural model. The main sources of formation of the field's operational reserves are determined. It is shown that the heat mode is mainly formed by the action of the conductive component, whereas the heat transfer filtering groundwater is of subordinate force. Referenses 14, tabl. 3, fig. 5.

Key words: thermogram, heat flow, geothermal gradient, convective component, thermal conductivity.



Барило А.А.
Barylo A.

Відомості про автора: науковий співробітник відділу геотермальної енергетики, Інститут відновлюваної енергетики НАНУ.

Освіта: Київський національний університет імені Тараса Шевченка за спеціальністю гідрогеологія та інженерна геологія (1990 р).

Область наукових інтересів: геотермальні джерела енергії.

Публікації: більше 25, в тому числі 2 державних стандарти.

Information about the author: Researcher at the geothermal energy department, Renewable Energy Institute of the NAS of Ukraine.

Education: Taras Shevchenko National University of Kyiv, hydrogeologist and engineering geologist (1990).

Research area: geothermal energy.

Publications: more than 25 including 2 state standards.

Вступ. Геотермічні дослідження у свердловинах відносяться до основних методів вивчення і підготовки геотермального родовища до освоєння. Вони проводяться на всіх етапах його дослідження: під час пошукових і розвідувальних робіт та дослідно-промислової розробки геотермального родовища. Спостереження за температурним режимом свердловин продовжується також на стадії експлуатації родовища.

У залежності від етапу робіт геотермічні дослідження вирішують наступні задачі [1, 2]:

- Уточнення геологічної будови родовища та літологічного розчленування розтину свердловин, визначення горизонтів з високими фільтраційними властивостями та водотривких пластів, виділення продуктивних на термальну воду горизонтів;
- Діагностика облаштування стовбура сверд-

ловин обсадними колонами та перевірка конструкцій свердловини на герметичність;

- Визначення пластової температури продуктивного горизонту і, як наслідок, експлуатаційних характеристик природного теплоносія, без яких неможливий вибір технології використання геотермальних ресурсів, та інші задачі.

Кінцева мета всіх гідрогеологічних досліджень, у тому числі і геотермічних, є побудова природної концептуальної моделі геотермального родовища, яка необхідна для підрахунку експлуатаційних запасів родовища, оцінки забезпеченості запасів джерелами живлення, а також прогнозу мінливості експлуатаційних параметрів (дебіту, температури, тиску і мінералізації) протягом терміну експлуатації [3].

Роль геотермічних спостережень у процесі дослідження геотермального родовища розглянемо на прикладі Берегівського родовища, яке на теперішній час є одним із найбільш вивчених в Україні та термальні води якого більш ніж сорок років використовуються для функціонування плавального басейну спортивної бази "Закарпаття" [4-9].

Загальні відомості. Берегівське геотермальне родовище знаходиться в північно-східній частині м. Берегове Закарпатської області. Родовище розташоване на лівому березі р. Верке в безпосередній близькості від санаторію "Закарпаття" (рис. 1).

Термальні води на цій території були виявлені в ході пошукових робіт на нафту і газ [4-8]. Було прийнято рішення провести цільові геологорозвідувальні роботи на пошуки термальних вод для потреб спортивної бази "Закарпаття". Основні вимоги, які були поставлені замовником робіт перед геологами, полягали в наступному: забезпечити температуру на гирлі свердловини не менш ніж 50°C (кондиції для басейну), крім цього, експлуатаційні свердловини повинні бути розташовані на мінімальній відстані від санаторію.



Рис. 1. Схема розташування свердловин Берегівського родовища.

Fig. 1. Location of Beregovo area wells.

Треба зазначити, що висунуті вимоги значно звужили обсяги геотермічних досліджень на даній території. Так, наприклад, глибина проведеного буріння не перевищила глибини залягання ізотерми 60°C з поправкою на втрату температури в стовбурі свердловини до 10°C, а місце закладення свердловин було прив'язане до корпусу спортивної бази. Хоча за даними дослідників [8, 9], які проводили гідрогеологічні роботи на сусідніх ділянках, встановлено, що нижче за розрізом від продуктивного горизонту повсюдно залягає горизонт, що характеризується високими фільтраційними і ємнісними властивостями, має більш високу пластову температуру та є більш перспективним для використання у геотермальній енергетиці.

Для функціонування басейну була створена система відбору термальних вод, яка складається з двох експлуатаційних свердловин (св. №2-Т і св. №8-Т). Крім того, в межах зони впливу водозабору пробурені дві спостережні свердловини (св. №15-Т і св. №19-Т). Схема розташування водозабору показана на рис. 1. Конструкцію експлуатаційних і спостережних свердловин наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Конструкція експлуатаційних і спостережних свердловин Берегівського геотермального родовища

Table 1. Structures of operational and observational wells of the Beregovo geothermal field

№ св.	Інтервал від-до, м	Діаметр буріння, мм	Діаметр обсадження, мм
2-Т	0,0-45	394	325
	45-351	295	219
	351-930,4	190	146
	930,4-1049,1	112	Без обсадження
8-Т	0,0-55	394	325
	55-331,1	295	219
	331,1-790	190	146
	790-1050	112	89 (до гл. 1000 м)
15-Т	0,0-34	394	325
	34-345	295	219
	345-844	190	146
	844-1127	112	Без обсадження
19-Т	0,0-46	394	325
	465-354	295	219
	354-957,8	190	146
	957,8-1160,1	112	Без обсадження

На формування теплового режиму родовища найбільший вплив спричиняють його тектонічні умови та геолого-гідрогеологічні особливості.

Геолого-тектонічні та геотермічні умови родовища. Родовище термальних вод розташоване в межах східного блоку Берегівського склепінчасто-брилового підняття (БСБП), яке в свою чергу відноситься до Внутрішнього Карпатського вулканічного поясу. БСБП являє собою крупну (структура I порядку) випуклу складку, яка серією розривних порушень "карпатського" простягання розбита на ряд поздовжньо витягнутих блоків. Берегівський блок, у якому розміщені експлуатаційні свердловини, є самим східним і має довжину близько 10 км та ширину 3 км [8].

У часи альпійської складчастості (більше 50 млн років) у цьому районі спостерігалася інтенсивна магматична діяльність, яка супроводжувалась утворенням і виверженням вулканів, формуванням магматичних інтрузій і тектонічними рухами.

На рис. 2 зображено фрагмент Геленешської мегакальдери. Це кільцева структура розломного типу з радіусом 15-25 км, яка утворилася в результаті вибуху і провалу верхівки гігантського вулкану. Свердловини №8-Т і №15-Т фіксують у своєму розрізі локально розвинену товщу, що

складається з продуктів руйнування цього вулкану. Як видно з рис. 2, максимальні величини теплового потоку тяжіють до бортового розлому Геленешської мегакальдери.

Для нас важливим є той факт, що розломи можуть бути провідниками підземних вод, і в залежності від того, звідки надходять ця вода (з вищезалігаючих горизонтів чи з глибинних), вони можуть надавати або охолоджуючий вплив, або підвищувати температуру продуктивного горизонту. Інтерпретація свердловинних термограм, що виконується в процесі відкачування, може допомогти у вирішенні цього завдання.

Якщо матеріал, яким заповнений простір розлому, під високими тисками і температурою піддався перетворенню і втратив фільтраційну здатність, то такий розлом можна розглядати як екран для руху підземних вод. На карті показано водоносні розломи, що здатні пропускати воду. Всі ці особливості повинні бути враховані при побудові природної моделі геотермального родовища.

Інтенсивні глибинні процеси, пов'язані з диференціацією і перерозподілом магми, призвели до того, що Берегівське підняття характеризується значною напруженістю теплового поля. Величини теплового потоку в межах розглянутої пло-

щі змінюються від 76 до 133 мВт/м² [11], тоді як середньою для Землі прийнято вважати величину, рівну 50,16 мВт/м².

Значну роль у формуванні геотермічного режиму території також грає літологічний склад порід. Так, наприклад, мокрі товщі глинистих порід, що характеризуються низькою теплопровідністю, акумулюють тепло. У здатності порід проводити тепло зазначається наступна закономірність: молодші породи мають меншу теплопровідність, а давніші – більшу.

Фоновою величиною геотермічних градієнтів для БСБП є 5°C/100 м, максимальні значення 5,5-

6,8°C/100 м зафіксовані на Березівському поліметалічному родовищі. У таблиці представлені пластові температури на глибині 900 м для ряду свердловин, що пробурені в межах досліджуваного району або в безпосередній близькості від нього.

Максимальні значення коефіцієнта теплопровідності притаманні дрібнозернистим туфопісковикам (3,28 Вт/м°C), середньоуламковим брекчіям (2,88 Вт/м°C), а також туфам із перетвореннями піритом і альбітом зі свердловини №15-Т (2,79 Вт/м°C). Величини теплових потоків змінюються за площею родовища від 82 до 90 мВт/м² [12].

Таблиця 2. Пластові температури на глибині 900 м

Table 2. Plast temperatures at a depth of 900 m

№ св., площа	Берегове 2-Т	Берегове 8-Т	Берегове 19-Т	Берегове 12-Т	Іванівка 3-Т	В. Гараздівка 50°	Боржава 4-Т
Температура, °С	56,9	59,0	55,9	54,1	58,0	60,9	46,4

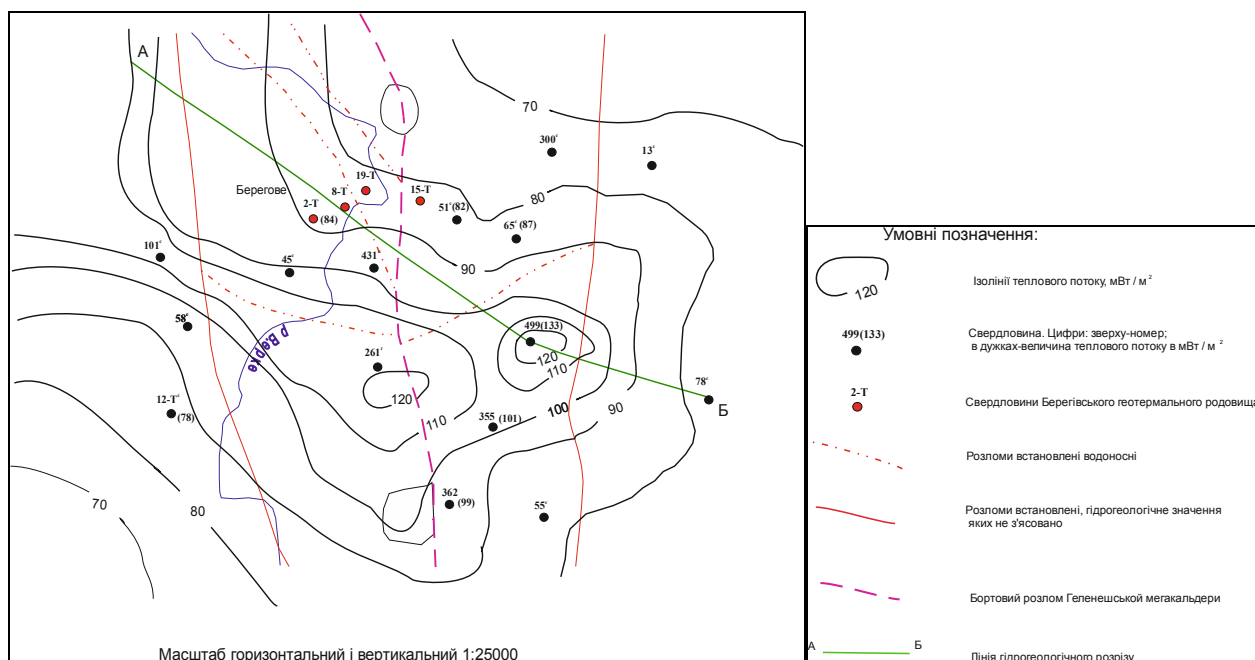


Рис. 2. Карта-схема теплових потоків і основних геологічних структур [8].

Fig. 2. Map diagram of heat flows and basic geological structures [8].

Гідрогеологічні умови родовища. В межах родовища виділені і вивчені наступні водоносні горизонти [4–10]:

1. Водоносний горизонт ґрунтових вод відкладень онокської свити середньо- і верхньочетвертинного віку.

2. Водоносний комплекс ліпаритових туфів нижньої підсвіти доробратовської свити.

3. Водоносний комплекс нерозчленованих відкладень тортон-сарматського віку.

Перший від поверхні водоносний горизонт, що залягає в межах алювіальної рівнини, на ділянці родовища є єдиним, що вміщує прісні води. Він використовується для господарсько-питних потреб. Дебіти експлуатаційних свердловин становлять 3,5-5 л/с при пониженнях 6,7-8 м. Глибина залягання рівня ґрунтових вод коливається від 3,3 до 6,0 м. Коефіцієнт водопровідності становить 70-90 м²/доб.

Другий водоносний комплекс знаходиться на глибинах від 820 до 1100 м, а товщина його варіюється від 770 до 1060 м. Водовмісними є ліпаритові туфи з порово-тріщинним характером

проникності. Водонасиченість дуже нерівномірна як за площею, так і за розрізом.

Величини напорів у межах родовища змінюються від 300 до 700 м. П'єзометричні рівні встановлюються на глибинах 5,7-7,6 м. Витрати свердловин у більшості випадків не перевищують 2,3 л/с при зниженнях 44-52,2 м. Виняток становить свердловина №19-Т, дебіт якої в підшовній частині комплексу склав 8 л/с. Температура води, в залежності від глибини розкриття зони тріщинуватості, змінюється від 31 до 42°C. За хімічним складом вона хлоридна натрієва і сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридна натрієва з мінералізацією 0,9-3 г/л.

Третій водоносний комплекс є продуктивним на термальні води. Води містяться в зонах тріщинуватості і поширені досить нерівномірно. Водовмісними є алевроліти, туфоалевроліти, туфопісковики і деколи вапняки. Підземні води цього водоносного комплексу випробувані на родовищі у всіх свердловинах. Результати випробувань наводяться в таблиці 3.

Таблиця 3. Характеристики водоносного комплексу відкладень тортон-сарматського віку

Table 3. Characteristics of the aquifer complex of deposits of the Torton-Sarmatian age

Назва параметрів	№№ свердловин			
	2-Т	8-Т	15-Т	19-Т
1. Глибина до покрівлі, м	820	650	830	1110
2. Товщина, м	229	400	297	50
3. Величина напору, м	802	624	835	1105
4. Абс. відмітка статичного рівня	91,705	94,2	105,344	105,664
5. Витрата, л/с	4	2	2,3	-
6. Зниження	75	52	70	-
7. Питома витрата, л/с/м	0,053	0,040	0,033	-
8. Температура на гирлі, °С	56-58	56	55	-

Геотермічні дослідження у свердловинах. У свердловинах Берегівського родовища заміри температури у стовбурі проводились на етапі буріння та під час виконання дослідно-фільтраційних робіт (пошукова і детальна розвідка). На етапі експлуатації виконувались режимні спостереження за температурою підземних вод на гирлі свердловин.

Вимірам температури у стовбурі свердловин передували підготовчі роботи, які полягали в промиванні свердловини водою, механічному

очищенні стінок за допомогою йоржа, желонкуванні і прокачуванні свердловини ерліфтом у пульсуючому режимі до досягнення стабільних гідродинамічних характеристик і ліквідації кольматації порід. Після цього свердловини тривалий час вистоювались (від 2 до 10-12 діб). Заміри температури у стовбурі свердловин здійснювались термометрами ЕТС-2 і ТЕГ-36.

На рис. 3 і рис. 4 показані результати вимірів температури в стовбурі свердловин Берегівського термоводозабору після буріння і відповідної їх

підготовки. Ці графіки найближче описують стан навколишнього масиву в природних стаціонарних умовах без впливу втручання у роботу продуктивного горизонту. Хоча слід зазначити, що для достовірності результатів період вистоявання свердловин повинен бути не менш ніж період збурювання [3].

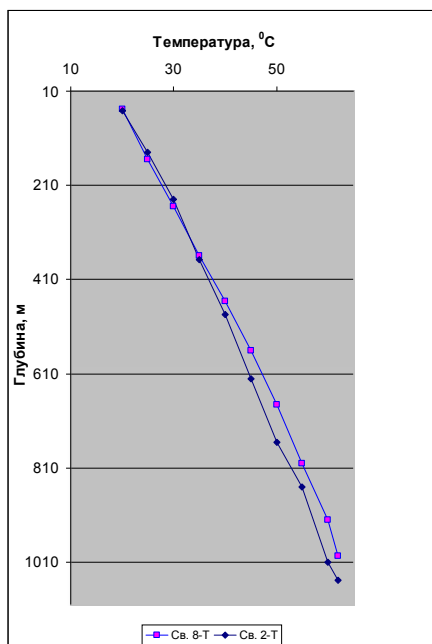


Рис. 3. Розподіл температури в експлуатаційних свердловинах після їх буріння.

Fig. 3 Distribution of temperature in operational wells after drilling.

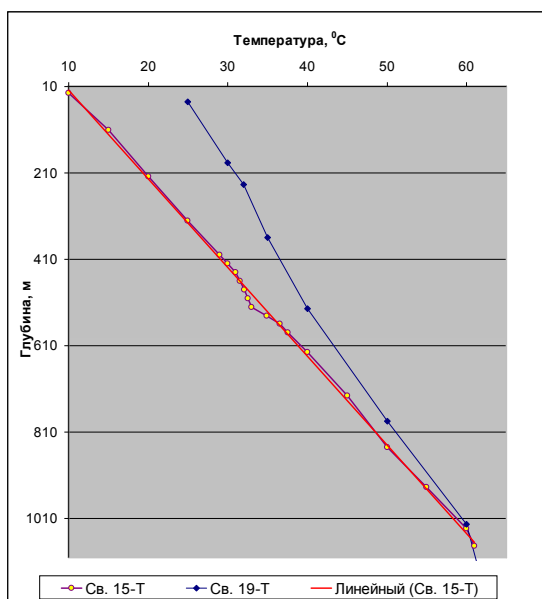


Рис. 4. Розподіл температури в спостережних свердловинах після їх буріння.

Fig. 4 Distribution of temperature in observation wells after their drilling.

Як видно з графіків, розподіл природної температури в масиві має практично лінійний характер і рівномірно зростає з глибиною. Середньозважений геотермічний градієнт для свердловин №2-Т, №8-Т, №15-Т і №19-Т відповідно дорівнює 0,042, 0,04, 0,044 і 0,028°C/м.

Стаціонарне теплове поле даної території обумовлене тепловим потоком із надр Землі до поверхні, який більшою мірою складається з кондуктивної складової за рахунок теплопровідності порід, тоді як роль конвективної складової (насамперед, фільтрація підземних вод) має підпорядковане значення.

Відсутність на графіках ділянок з різким горизонтальним відхиленням значень температур свідчить про те, що яскраво виражених областей живлення або поглинання тепла в районі, що прилягає до свердловин, не спостерігається. Тобто роль глибинних тектонічних розломів на формування запасів термальних вод у продуктивному горизонті в природних умовах незначна.

Приблизну кількісну оцінку конвективної складової (припливу підземних вод) можна виконати за даними свердловини №15-Т. На рис. 4 червоною лінією показано розподіл температури в стовбурі свердловини з середньозваженим геотермічним градієнтом.

Як видно з рисунка, в інтервалі глибин 440-560 м спостерігається відхилення графіка фактичних температур вліво, що говорить про зменшення градієнта температури, тобто мають місце тепловтрати. У цьому інтервалі глибин розріз свердловини представлений піритовими туфами, які характеризуються відносно невисоким для даного регіону коефіцієнтом теплопровідності, рівним 2,79 Вт/м·°C.

Як відомо [12, 14], сумарний тепловий потік у свердловині повинен бути постійним і визначається за формулою:

$$q_{\text{сум}} = q_{\text{конд}} + q_{\text{конв}} = -\lambda \text{grad} T + v \cdot c_0 \cdot \rho_0 \cdot \Delta t,$$

де $\text{grad} T$ – температурний градієнт в межах інтервалу; λ – коефіцієнт теплопровідності; ρ_0 – густина; c – теплоємність; v – вертикальна швидкість конвекції (або швидкість фільтрації підземних вод, якщо вважати, що конвекція здійснюється в основному за рахунок підземних вод); Δt – перепад температур на межах інтервалу. Якщо

конвекція вод йде вгору, що спостерігається в слабкопроникних шарах на глибинах понад 100 м, то теплопровідний і конвективний теплові потоки додаються, при фільтрації вниз – віднімаються.

Сумарний тепловий потік у свердловині №15-Т, що визначався співробітниками інституту Геофізики НАНУ, становить 83 мВт/м² [11,13]. Градієнт температур в інтервалі глибин 440-560 м складає 0,025°C/м, коефіцієнт теплопровідності приймаємо рівним 2,79 Вт/м·°C. Тоді кондуктивна складова потоку в інтервалі дорівнює ≈ 70 мВт/м², а конвективна відповідно – 13 мВт/м².

Знаючи перепад температур на межі інтервалу тепловтрат, можна оцінити необхідну для цього швидкість фільтрації, яка дорівнює 0,014 см/доб. Зрозуміло, що достовірність прогнозів повністю залежить від точності визначення коефіцієнта теплопровідності порід інтервалу.

Температурні виміри в стовбурі свердловини проводилися також під час дослідного нагнітання у свердловину №19-Т. Кількість води, що подавалась у свердловину, змінювалась від 5,5 до 5,7 л/с. Тривалість дослідження склала 178 діб. При цьому коефіцієнт прийомистості свердловини постійно знижувався. За неповних п'ять місяців випробувань відбулося зменшення його від 201,6 до 43,2 м³/доб/атм.

До початку дослідно-фільтраційних робіт у процесі нагнітання, а також після його завершення в свердловині №19-Т було виконано п'ять записів температурних графіків (рис. 5). Ці криві відображають природний температурний режим родовища (запис 30.11.86 р), процес зміни теплового режиму у присвердловинній зоні під час нагнітання (запис 04.11.87 р., 16.12.87 р. і 09.02.88 р.), а також процес відновлення температурного поля після припинення нагнітання (запис 21.02.89 р).

Як видно з рисунка, на температурний режим у верхній частині стовбура свердловини найбільший вплив роблять зовнішні фактори, а саме: температура повітря та температура води, що нагнітається. Охолоджуючий вплив закачування проявляється в інтервалі від 260 до 1020 м, при цьому найбільший вплив спостерігається в інтервалі від 620 до 680 м. Тобто більша частина води нагнітається у верхню зону тріщинуватості водоносного комплексу доробратовської свити, а не в продуктивний горизонт.

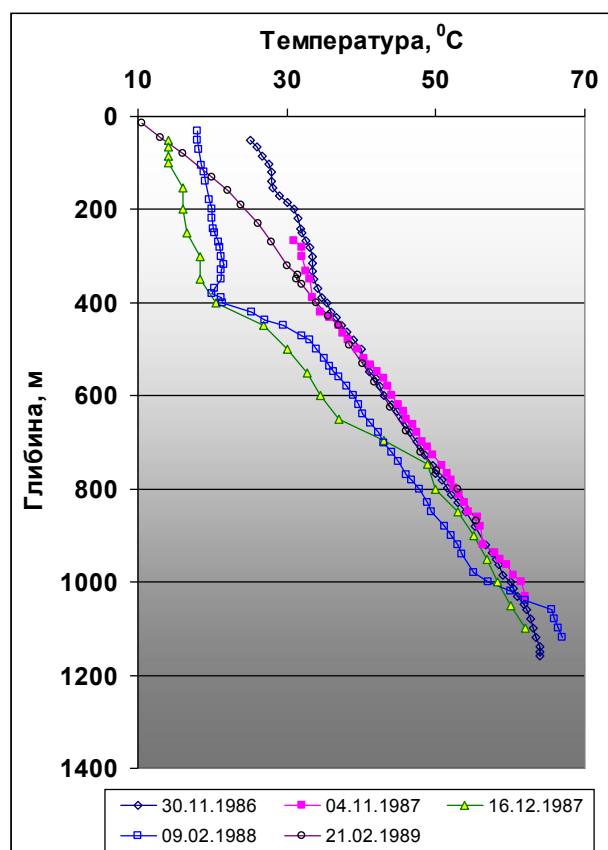


Рис. 5. Розподіл температури в св. №19-Т під час дослідно-фільтраційних робіт.

Fig. 5 Temperature distribution in well № 19-T during experimental filtering works.

Як зазначалося вище, геотермічні дослідження в межах родовища також проводились на стадії експлуатації термоводозабору. При цьому протягом 16 років велися спостереження за температурою підземних вод на гирлі експлуатаційних свердловин. Спостереження показали, що тривалість відновлення температурного режиму після зупинки роботи свердловини в середньому відповідає періоду спокою. За весь термін експлуатації температура в спостережних свердловинах не змінилася, тобто температурний фронт їх не досяг. Температура на кінець експлуатації перевищила початкову на 2-4°C, що може свідчити про надходження з віддалених ділянок родовища більш прогрітих підземних вод.

Висновки. 1. Берегівське геотермальне родовище є складним геологічним утворенням з дуже неоднорідними гідрогеологічними умовами. Блокова будова, наявність розривних порушень і тектонічних розломів з неясними фільтраційними параметрами, прив'язаність термальних

вод до нерівномірних зон тріщинуватості колектора ускладнює побудову природної розрахункової моделі родовища. Інтерпретація свердловинних термограм дозволяє точніше оцінити тепловий режим родовища, виявити основні джерела формування експлуатаційних запасів та визначити їх кількісні характеристики.

2. Аналіз свердловинних термограм показав, що теплове поле Березівського геотермального родовища в непорушеному стані формується в основному під дією кондуктивної складової, а фільтрація підземних вод має підлегле значення. У районі розташування свердловин значних областей живлення не виявлено. Відповідно до карти теплових потоків, основна область живлення знаходиться в південно-східному напрямку від контуру родовища на відстані 1,5-2 км.

3. Балансовим методом за даними свердловини №15-Т розрахована кількість тепла, що надходить у свердловину за рахунок фільтрації підземних вод, яка дорівнює 13 мВт/м². Швидкість фільтрації при цьому становить 0,014 см/доб.

4. Аналіз термограм, які були отримані під час дослідного нагнітання в свердловину №19-Т, показав, що більша частина води нагнітається у верхню зону тріщинуватості водоносного комплексу доробратовської свити, а не в продуктивний горизонт.

5. За результатами досліджень на сусідніх родовищах нижче продуктивного горизонту на глибині до 1400 м залягає горизонт з високими фільтраційними параметрами і температурою понад 65°C. Тому в подальшому рекомендується провести дорозвідку цього горизонту. Свердловини необхідно розташувати ближче до області живлення, тобто в південно-західному напрямку від Березівського геотермального родовища.

1. *Климентов П. П., Кононов В.М.* Методика гидрогеологических исследований. – М. : «Высшая школа», 1989. – 444 с.

2. *Хмельской В. К., Горбачев Ю. И.* Геофизические методы исследования. – Петропавловск-камчатский, КГПУ, 2004. – 232 с.

3. *Шестаков В. М., Башкатова Д. Н.* Опытные фильтрационные работы. – М. : «Недра», 1974. – 204 с.

4. *Жарникова Р. С., Вишвецова Т. А.* Отчет о результатах поисково-разведочных работ на термальные воды в Закарпатском внутреннем прогибе за 1964-1072 годы/ Отчет

треста «Киевгеология». – К, 1972. – в 3-х томах.

5. *Жарникова Р. С.* Отчет о результатах поисковых работ на минеральные термальные воды для плавательного бассейна учебно-спортивной базы «Закарпатье»/ Объединение «Запукргеология», Закарпатская ГРЭ – Берегово, 1980.– в 3-х томах.

6. *Жарникова Р. С.* Результаты детальной разведки термальных вод Береговского месторождения для плавательного бассейна учебно-спортивной базы «Закарпатье» за 1984-89 годы/ Объединение «Запукргеология», Закарпатская ГРЭ – Берегово, 1984.– в 5-ти томах.

7. *Жарникова Р. С.* Оцінка прогнозних ресурсів термальних вод Закарпатської області/ Об'єднання «Західукргеология», Закарпатська ГРЭ – Берегове, 1984.– в 2-х томах.

8. *Жарникова Р. С.* Результаты поисков термальных вод в колхозе «Прикордонник» Виноградского района Закарпатской области/ Об'єднання «Західукргеология», Закарпатська ГРЭ – Берегове, 1993.– в 4-х томах.

9. *Жарникова Р. С.* Оцінка прогнозних ресурсів термальних вод Закарпатської області за 1998- 2007 роки/ НАК «Надра України», ДП «Західукргеология», Закарпатська ГРЭ – Берегове, 2007.– в 3-х томах.

10. *Радько М.І.* Підземні води Закарпатського внутрішнього прогину. – К. : «Наукова думка», 1975. – 185 с.

11. *Кутас Р. И.* Геотермические условия зон неовулканизма Закарпатского прогиба /Вісник Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка, №3, – К, 2014.– 39-40 с.

12. *Фролов Н. М.* Основы гидрогеотермии. – М. : «Недра», 1991. – 549 с.

13. *Гордиенко В. В.* Геотермический атлас Украины/ Институт геофизики им. С. И. Субботина НАНУ – К, 2004. . – 59 с.

14. *Филиппов А. И., Филиппов К. А.* Интерпретация скважинных термограмм: монография. Акад. наук Респ. Башкортостан. – Уфа: Гилем, 2004. – 159 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКВАЖИННЫХ ТЕРМОГРАММ БЕРЕГОВСКОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А.Барило

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

Тел./факс +38-044-206-28-09; e-mail: renewable@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7981-6464

Выполнена интерпретация скважинных термограмм Береговского геотермального месторождения с целью уточнения его концептуальной природной модели. Определены основные источники формирования эксплуатационных запасов месторождения. Показано, что тепловой режим в основном формируется под действием кондуктивной составляющей, тогда как перенос тепла фильтрацией подземных вод имеет подчиненное значение. Библ. 14, табл. 3, рис. 5.

Ключевые слова: термограмма, тепловой поток, геотермический градиент, конвективная составляющая, теплопроводность.

REFERENCES

1. *Klimentov, P.P., Kononov V.M.* (1989). Metodika gidrogeologicheskikh isledovaniy [Methodology of hydrogeological research]. Moscow, Russia: Vysshaya shkola [High school] [in Russian].
2. *Khmelevskoy, V.K., Gorbachev Y.I.* (2004) Geofizicheskie metody isledovaniya [Geophysical methods of research]. Petropavlovsk-kamchatcky, Russia [in Russian].
3. *Shestakov V.M., Bashkatova D.N.* (1974). Opytno-filtratsionnyye raboty [Experimental and filtration work]. Moscow, Russia: Nedra [in Russian].
4. *Zharnikova R.S., Vshivzeva T.A.* (1972). Otchet o rezultatah poiskovo-razvedochnih rabot na termalnie vodi v Zakarpatskom vnutrennem progibe za 1964-1072 gody [Report on the results of exploration for thermal waters in the Transcarpathian internal deflection for 1964-1072] / trest «Kiev-geologiya». Kiev, [in Russian].
5. *Zharnikova R.S.* (1980). Otchet o rezultatah poiskovo-razvedochnih rabot na mineralizovaniye termalnie vodi dlya plavatel'nogo basseyna uchebno-sportivnoy bazi «Zakarpate» [Report on the results of prospecting for mineral thermal waters for the swimming pool of the training and sports center "Transcarpathia"] Zakarpatsky Expedition. Beregovo [in Russian].
6. *Zharnikova R.S.* (1989). Rezultaty detalnoy razvedki termalnykh vod Beregovskogo mestorozhdeniya dlya plavatel'nogo basseyna uchebno-sportivnoy bazy «Zakarpate» za 1984-89 gody [Results of detailed exploration of thermal waters of the Berehovskoye field for the swimming pool of the training and sports base "Transcarpathia" for 1984-1989] / Obyedineniye «Zapukrgeologiya» [Association "Zapukrgeologiya"], Zakarpatsky Expedition. Beregovo [in Russian].
7. *Zharnikova R.S.* (1984). Otsinka prohnosnykh resursiv termalnykh vod Zakarpatskoyi oblasti [Estimation of predicted resources of thermal waters of the Transcarpathian region] / Obyedineniye «Zapukrgeologiya» [Association "Zapukrgeologiya"], Zakarpatsky Expedition. Beregovo [in Russian].
8. *Zharnikova R.S.* (1993). Rezultaty poiskov termalnykh vod v kolkhoze «PriKordonnik» Vinogradovskogo rayona Zakarpatskoi oblasti [Result of searches for thermal waters in the collective farm "PriKordonnik" of Vinogradovsky district of Zakarpattia oblast] / Obyedineniye «Zakhidukrgeologiya» [Association "Zakhidukrgeologiya"], Zakarpatsky Expedition. Beregovo [in Russian].
9. *Zharnikova R.S.* (2007). Otsinka prohnosnykh resursiv termalnykh vod Zakarpatskoyi oblasti za 1998- 2007 roki [Estimation of predicted resources of thermal waters of the Transcarpathian region for 1998- 2007] / NAK «Nadra Ukrainy» [National Joint Stock Company "Nadra Ukraine"], Zakarpatsky Expedition. Beregovo [in Ukrainian].
10. *Radko M.I.* (1975). Pidzemni vody Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu [Underground waters of Transcarpathian internal deflection], Naukova dumka ["Scientific thought"], Kiev, [in Ukrainian].
11. *Kutas P.I.* (2014). Geotermicheskiye usloviya zon neovulkanizma Zakarpatskogo progiba [Geothermal conditions of neovolcanic zones of the Transcarpathian trough] / Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. H. Shevchenka [News of the National University of Ukraine. T. Shevchenko], 3, Kiev, 39-40 p. [in Russian].
12. *Frolov N.M.* (1991). Osnovy gidrogeotermii [Foundations of hydrogeothermy]. Moscow, Russia: Nedra [in Russian].
13. *Gordiyenko V.V.* (2004). Geotermicheskiy atlas Ukrainy [Geothermal atlas of Ukraine]. / Institut geofiziki im. S. I. Subbotina NANU [Institute of Geophysics named after. Subbotin of the NASU] Kiev [in Russian].
14. *Filippov A.I., Filippov K.A.* (2004). Interpretatsiya skvazhinnykh termogramm: monografiya [Interpretation of borehole thermograms: monograph]. Akad. nauk Resp. Bashkortostan [Acad. Sciences of the Republic of Bashkortostan] Ufa: Gilem, Russia [in Russian].

SYNOPSIS

The Beregovsky geothermal deposit is a complex geological formation with very heterogeneous hydrogeological conditions. It has a block structure, faults and tectonic faults with unclear filtration conditions. The productive horizon is extremely unstable. In such conditions it is very difficult to choose a suitable calculation model of a deposit. Interpretation of borehole thermograms can be very useful in this case.

The interpretation of the well thermograms that were obtained during drilling, experimental injection into well 19-T and industrial operation was performed. The analysis of borehole thermographs showed that the thermal field of the Beregovsky geothermal deposit in the undamaged state is formed mainly under the action of the conductive component, and groundwater filtration has a subordinate value. In the vicinity of the location of wells, no significant areas of power were found. According to the map of thermal flows, the main supply area is located in the south-easterly direction from the contour of the deposit at a distance of 1.5-2 km.

The balance method for the data of well №15-T is designed to calculate the amount of heat entering the well due to groundwater filtration, which is equal to 13 mW / m². The rate of filtration at the same time is 0.014 cm/day.

Experimental injection into well No. 19-T showed that water enters the horizon, which is located above the productive horizon. Recommendations for further exploration of the Beregovsky geothermal deposit are given.

Стаття надійшла до редакції 08.11.17

Остаточна версія 07.12.17