

ГЕОТЕРМОЕНЕРГЕТИКА ДОНБАСУ – НЕОСВОЄНА СКАРБНИЦЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

М.В. Жикаляк, А.М. Авдєєва, Т.М. Пономарьова, ДРГП «Донецькгеологія», Україна

Широке використання глибинного тепла гірських порід і гірничих виробок діючих та закритих шахт Донбасу дозволить значно економити невідновлювані запаси вугілля, нафти і газу, замінивши їх у локальному теплоспоживанні більш дешевою енергією надр. Найперспективнішою обґрунтовується теплонасосна технологія використання шахтних вод температурою +25-+30 °С.

В паливно-енергетичному балансі України домінуюча роль належить природному газу (до 41-43%), 55-60% якого від внутрішніх потреб забезпечується за рахунок імпорту дорогого російського газу. В той же час значного збільшення видобування власних обсягів природного газу, сланцевого газу, газу щільних пісковиків та метану вугільних родовищ і шахт, які могли б забезпечити кардинальне зменшення в вітчизняному енергоспоживанні частки імпортованого природного газу хоча б до 15 млрд. м³ на рік, можна очікувати не раніше 2020-2022 років.

Зараз перевитрати вітчизняної теплоенергетики при генеруванні, транспортуванні та використанні теплової енергії сягають в середньому по Україні 40-50%. За рахунок впровадження енергозберігаючих технологій і заходів можна забезпечити зменшення неефективних витрат максимум до 20%. Однак одним із найперспективніших інноваційних і екологічно чистих теплоенергетичних джерел, альтернативних вуглеводневому і вугільному паливу в Україні, безумовно, є теплова енергія надр і термальних вод.

Тепло земних надр завжди привертало увагу людства для забезпечення своєї життєдіяльності. Ще первісні люди облаштовували стоянки і житла в сухих і теплих печерах або поблизу джерельних виходів теплих підземних вод на денну поверхню. З розвитком цивілізації, науки і техніки люди стали використовувати гарячу воду і пар із підземних джерел не тільки в якості теплової енергії, але і для отримання механічної, а з 1904 року і електричної енергії. З історії відомо також, що термальні води із джерел і колодязів застосовувались в давньому Римі для облаштування і обігрівання штучних басейнів і бань [3]. Яскравим прикладом використання термальних підземних вод у побутових і навіть промислових цілях є досвід майже сторічної експлуатації родовища високотемпературних пластових вод Лардерелло в центральній Італії в області Тоскано, де видобували пар, на якому працювала електростанція потужністю 200 тис. кВт/рік [3].

На початку ХХ століття в Ісландії також стали використовувати гідротермальні ресурси надр для гарячого водопостачання житлових будинків і промислових споруд, в сільському господарстві та технологічних процесах [1, 2]. У Франції, де геотермічний градієнт надр складає 3,5 °С на 100 м, широке застосування набуло використання тепла надр з впровадженням технології відбору підземних вод температурою 70-75 °С з глибини 1700-1800 м водозабірними свердловинами з наступним закачуванням у пористий колектор відпрацьованої води-теплоносія [1, 2]. З 1970-х років у районі Парижа почали працювати чотири геотермальні комплекси. При цьому сумарні експлуатаційні витрати в них були на 13-16% нижчими за витрати при спалюванні для виробництва тепла рідкого палива в аналогічних за потужністю системах обігрівання житлових масивів [1, 2, 5].

Гарячі підземні (переважно артезіанські) води широко використовуються в Угорщині, де ще в середині 1980 років експлуатувалось 440 свердловин загальним дебітом 385 м³/хвилину і температурою води 80-95 °С. Із них 44% свердловин використовувалось в санаторно-курортній сфері, 32% - для обігрівання і гарячого теплопостачання житлових приміщень і промислових споруд, а 17% - в сільському господарстві та для інших потреб [2, 5]. Заслугує на увагу і одна із самих простих схем гарячого водопостачання столиці Грузії – м. Тбілісі, де з допомогою свердловин з глибини 2,1-2,6 км на денну поверхню самовиливом виводить-

ся термальна вода температурою 57-65 °С і дебітом понад 2 тис. м³/добу. Цієї кількості води без додаткової підготовки вистачає для обігрівання житлового мікрорайону з населенням 15 тисяч жителів [1, 2].

В Україні з врахуванням особливостей геолого-тектонічної будови та закономірностей геологічного розвитку окремих територій і басейнів геотермальні ресурси зосереджені переважно в Закарпатському внутрішньому прогині, в Рівнинному (Північному) Криму і в Дніпровсько-Донецькій та Причорноморській западинах [6-8]. Найбільш перспективними геотермальними провінціями України вважається Закарпаття і Рівнинний Крим, де розташовані відомі родовища термальних вод. Зокрема в Закарпатті ізотермічна поверхня +100 °С простежується на глибинах 1,5-2,0 км, а +150 °С – на глибинах 2,2-3,0 км при показниках геотермічного градієнта від фонових 3,3 °С до 5,4-6,8 °С на 100 м. Величина теплового потоку в таких сприятливих умовах досягає 133 МВт/м², а теплопровідність окремих тектоно-магматичних і гідротермальних зон складає 7,56-10,22 Вт/мК [8]. За попередніми даними загальні запаси термальних мінералізованих (до 30 г/дм³) вод з температурою 45-75 °С на вусті свердловин складає 80-100 тис. м³ на добу, з яких використовується лише 0,5%, переважно в бальнеології [8].

На території Рівнинного (Північного) Криму, починаючи з 1960 років, проводились геологорозвідувальні роботи з вивчення закономірностей локалізації та оцінки перспектив використання геотермальних вод. Було пробурено 40 свердловин, в тому числі 12 розвідувально-експлуатаційних [6]. Зараз функціонує 27 свердловин, з яких 20 є спареними (груповими), тобто із закачуванням відпрацьованих термальних вод в той же продуктивний (видобувний) пласт [6, 7]. Великі неосвоєні ресурси геотермальної енергії, акумульованої у високотемпературних (+135-150 °С) підземних пластових водах на глибинах 4,2-5,0 км, виявлено на території Дніпровсько-Донецької западини [6,7].

Таким чином Україна має значні потенційні ресурси геотермальної енергії, які зараз вивчені, але використовуються в незначних об'ємах і без облаштування сучасних геотермальних циркуляційних систем. Однак, згідно Енергетичної стратегії України на період до 2030 року, за рахунок ефективного розвитку та державної підтримки комплексне використання геотермальних ресурсів повинно збільшитись в 35 разів.

Як бачимо, традиційно найперспективнішими районами для видобування геотермальних ресурсів розглядаються АР Крим, Закарпаття, Дніпровсько-Донецька западина (Полтавська, Сумська, Харківська і Чернігівська області), а також Одеська, Миколаївська і Запорізька області. Загальні геотермальні ресурси України оцінюються від 12 млн. т умовного палива (у.п.) як технічно досяжні до 40,4 млн. т у.п. як теоретично можливі [6]. Однак Донбас, як правило, залишався і продовжує залишатися поза увагою в процесі загальнодержавної оцінки ресурсів термальних вод і тепла нагрітих сухих гірських порід. Хоча при використанні теплової енергії термальних вод традиційних (визнаних) геотермальних провінцій України виникає проблема утилізації або захоронення цих вод після їх охолодження і конденсації пару [3]. Адже пластові води із глибин надр Закарпаття, Рівнинного Криму або Дніпровсько-Донецької западини, в переважній більшості, є високо мінералізованими і утилізувати їх в річки, інші водоймища та відстійники без спеціальної обробки неможливо або це може бути пов'язане із значними витратами [3, 6]. Використання при експлуатації гідротермальних ресурсів зворотньоциркуляційного процесу та сучасних геотермальних циркуляційних систем значною мірою сприяють мінімізації відмічених проблем, але повністю їх не вирішують. Тому в останні роки в світі відмічається призупинення зростання обсягів використання теплових ресурсів на основі геотермальної води і пару. Зокрема в США розроблена програма і ведуться науково-експериментальні роботи, які пов'язані з новою технологією одержання теплової енергії за рахунок природної геотермії сухих розігрітих гірських порід на глибині із закачуванням через нагнітаючі свердловини прісної води нормальної температури і відбором через видобувні свердловини технологічної води, підігрітої надрами до температури 75-90 °С [6, 7].

Для умов України і Донбасу запропонована технологія є мало перспективною через проблемами глибинного буріння при високих температурах і у зв'язку із відсутністю на значних

глибинах достатньо ємких тріщинних або гранулярних пластових колекторів, які б характеризувались ефективною водопроникністю. Тому незважаючи на менші глибини і дещо нижчий геотермічний градієнт саме погашені і флангові гірничі виробки Донбасу є одними із найбільш перспективних для впровадження зазначеної технології. Сприятимуть формуванню і особливо збереженню тепла технологічної води в гірничих виробках Донбасу стійка покриття гірничих виробок і наявність літотипів-покришок в зоні впливу гірничих робіт із сприятливими значеннями теплопровідності (алевроліт, аргіліт або вапняк).

На підтвердження реальності застосування зазначеної технології в умовах Донбасу можна навести приклад використання затопленої вугільної шахти в містечку Херлен в Голландії, де група ентузіастів через 30 років після її закриття перетворила колишню шахту в економічно вигідне невичерпне джерело теплової енергії. Завдяки пробуреним з денної поверхні на глибину 700 м п'ятьом свердловинам та мережі штолень і штреків, шахтна вода температурою 32-28 °С за допомогою глибинних насосів і поверхневих теплових насосів подається для теплозабезпечення 200 житлових будинків, десятка магазинів, культурного центру, бібліотеки, підземної парковки автомобілів та офісної споруди. Віддавши теплову енергію, підземна вода повертається в шахту, де через систему гірничих виробок та за рахунок підвищеної температури вміщуючих порід знову нагрівається до 32 °С. Літом, з метою використання системи для охолодження будинків та споруд, відбір шахтної води з постійною температурою +17 °С здійснюється насосами з глибини 250 м без задіяння на поверхні нагрівачого ефекту теплових насосів [5].

Головними фізичними критеріями, що характеризують теплові процеси в надрах Землі і які можуть застосовуватись при розрахунках і оцінці геотермії Донецького кам'яновугільного басейну, є температура гірських порід та підземних вод, теплота (тепловий потік), теплосмість, теплопровідність і температуропровідність, геотермічна ступінь та геотермічний градієнт [3, 10]. Розподіл тепла в надрах характеризується надзвичайно складними особливостями та закономірностями в залежності від історії геологічного розвитку і структурно-тектонічної будови території, фізичних властивостей гірських порід та глибини їх залягання, наявності зон глибинних розломів і впливу кристалічного фундаменту та інтенсивності вивітрювання тощо.

Передавання теплоти в надрах здійснюється в напрямку від теплового поля більшої потужності до теплового поля меншої потужності трьома головними способами:

- кондуктивним (контактним) шляхом безпосередньої передачі тепла від частинок до частинок;
- механічним (конвективним) шляхом переміщення нагрітих матеріальних частинок газу або рідини з передачею тепла тільки знизу вгору;
- променевим теплообміном і електромагнітним опромінюванням гірських порід і мінералів, яке проявляється при їх значному нагріванні (≥ 200 °С) на великих глибинах та в зонах тектоно-магматичної активізації на середніх глибинах.

Закономірності геотермального поля Донбасу встановлені на основі аналізу замірів температури в 6688 геологорозвідувальних свердловинах глибиною від 500 до 1600-2000 м і більше, в тому числі детально і комплексно досліджених 3625 свердловинах. Крім того, виконані заміри температури по більш ніж 100 діючих і закритих вугільних шахтах. Теплофізичні властивості гірських порід визначено в 6000 зразках керну із 971 свердловини [9, 10]. Величини глибинного теплового потоку визначались у 240 свердловинах [10]. В цілому по Донбасу він змінюється від 32-50 до 86-125 мВт/м². Найбільші значення теплового потоку характерні для молодих зон кімерійсько-альпійської активізації, де потужність земної кори має мінімальні значення [10].

Регіональна і вертикальна температурна зональність проявляється у виділених зонах, підзонах, геотермічних районах, полях і аномаліях. Зокрема до глибини 0,8-1,4 м температура ґрунту відповідає добовим коливанням температури повітря. Далі, до глибини 15-25 м розповсюджена, так звана, зона перемінних температур з сезонним її коливанням у межах 8,5-12 °С [3, 10]. При цьому незначний вплив на закономірні сезонні коливання температури має

неоднорідність літологічного складу порід, ерозія поверхні землі, розвиток небезпечних геологічних процесів та наявність техногенних відвалів і накопичень. Але нижня межа цієї зони

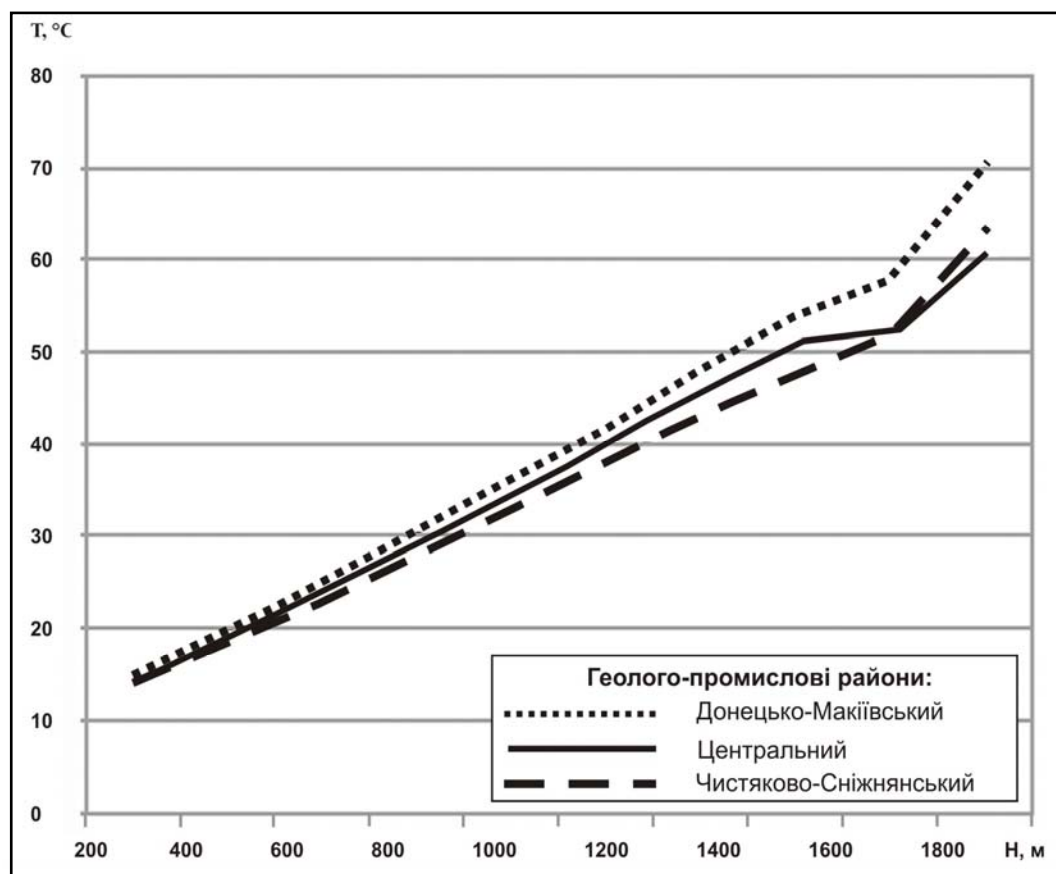


Рис. 1 Змінення температури (Т) з глибиною (Н) по геолого-промислових районах

(20-25 м) не піддається сезонним коливанням температури і характеризується постійною річною температурою, у зв'язку з чим її приймають за нейтральний шар (горизонт). Нижче нейтрального шару представлена потужна геотермозона із двома підзонами: підзоною нестійкого (пониженого) температурного режиму в межах глибини 100-400 м (геотермічний градієнт 1,0-2,8 °С на 100 м) та підзоною нормального температурного режиму із сталим зростанням геотермічного градієнта від 2,6-3,0 м до 4,3 °С на 100 м [9, 10]. Передбачається, що нижня підзона розповсюджується на глибини в декілька тисяч метрів (рис. 1).

З врахуванням викладеного, необхідно відзначити, що геотермічне поле Донбасу характеризується відносно високою напругою та нерівномірністю розподілу температур з глибиною і по площі басейну. Геотермічний градієнт змінюється в межах від 1,6 до 4,3 °С на 100 м. По відкритій частині Донбасу середні значення геотермічного градієнта збільшуються від 2,4 °С на 100 м в інтервалі глибин 500-1000 м до 3,2°С на 100 м на глибинах 1500-2000 м. Середня температура гірських порід, яка заміряна в свердловинах [4, 9]:

- на глибині 600 м - +25,8 °С;
- на глибині 1200 м - +41,4 °С;
- на глибині 1800 м - +56,9 °С.

Найбільш високе температурне поле порід карбону з геотермічним градієнтом 3,5-4,0 °С на 100 м знаходиться в межах Павлоградсько-Петропавлівського вугленосного району та зони зчленування Красноармійської монокліналі з Південно-Донбаським вугленосним районом. На горизонті мінус 400 м (глибина 600 м) контрастні площадні аномалії інтенсивністю 28-32 °С (місцями до 41 °С) встановлені в районі м. Першотравенськ, м. Межова, ст. Удачна,

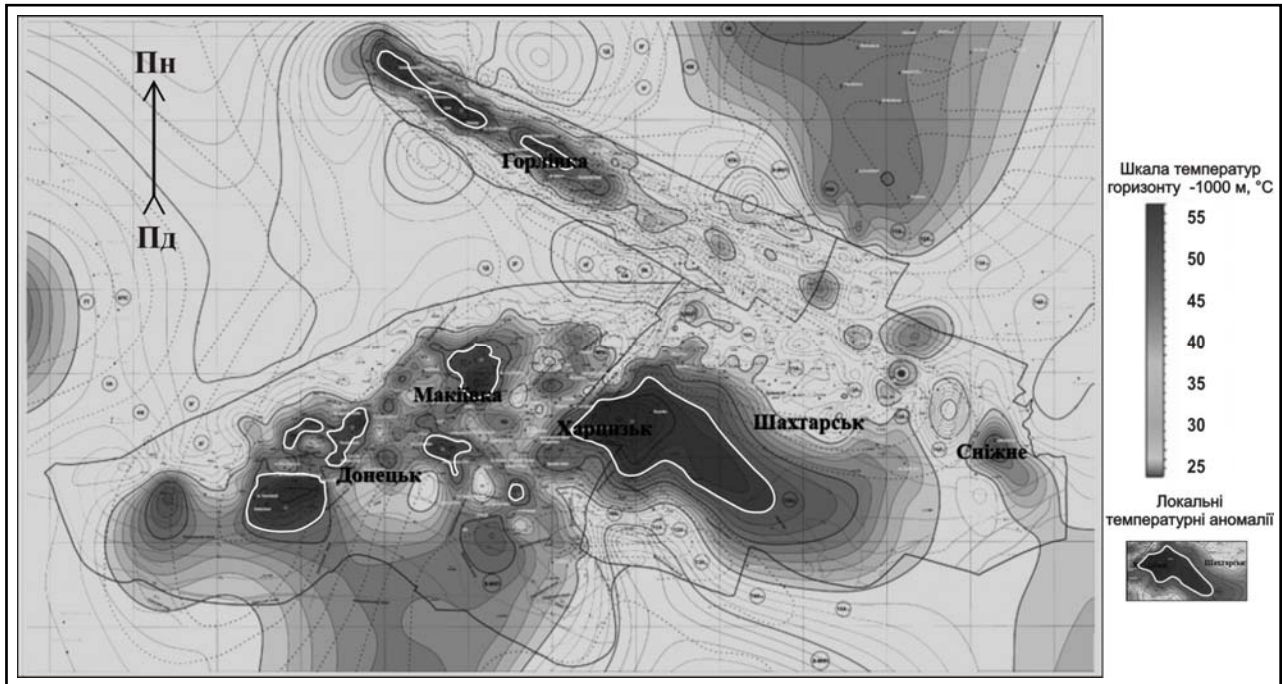


Рис. 2 Карта геїзотерм горизонту -1000 м

м. Красноармійськ, м. Макіївка, м. Ясиновата, м. Зугрес, м. Харцизьк, м. Дебальцеве та в межах Чистяково-Сніжнянської синклінали і Південно-Донбаського вугленосного району. На глибинах 1200 м (горизонт мінус 1000 м) аномальні температури більше 44-52 °С характерні для південно-західного та південного борту Кальміус-Торецької котловини, околиць міст Павлоград, Першотравенськ, Межова, Добропілля, Красноармійськ, Держинськ, Горлівка, Донецьк, Макіївка, Харцизьк, Дебальцеве, Кременна та Південно-Донбаського вугленосного району (рис. 2).

Крім того вироблений простір гірничих виробок практично усіх вугільних шахт Донбасу володіє значними запасами теплової енергії. Наприклад, тільки за рахунок енергетичного потенціалу шахтних вод та вихідного струменя вентиляційного повітря кожної із таких шахт, як ім. В.В. Вахрушева (ДП «Ровенькиантрацит»), шахти «Партизанська» (ДП «Антрацит») або шахти «Алмазна» (ДТЕК «Добропіллявугілля») можна виробляти від 26,5 до 30,0 Гкал

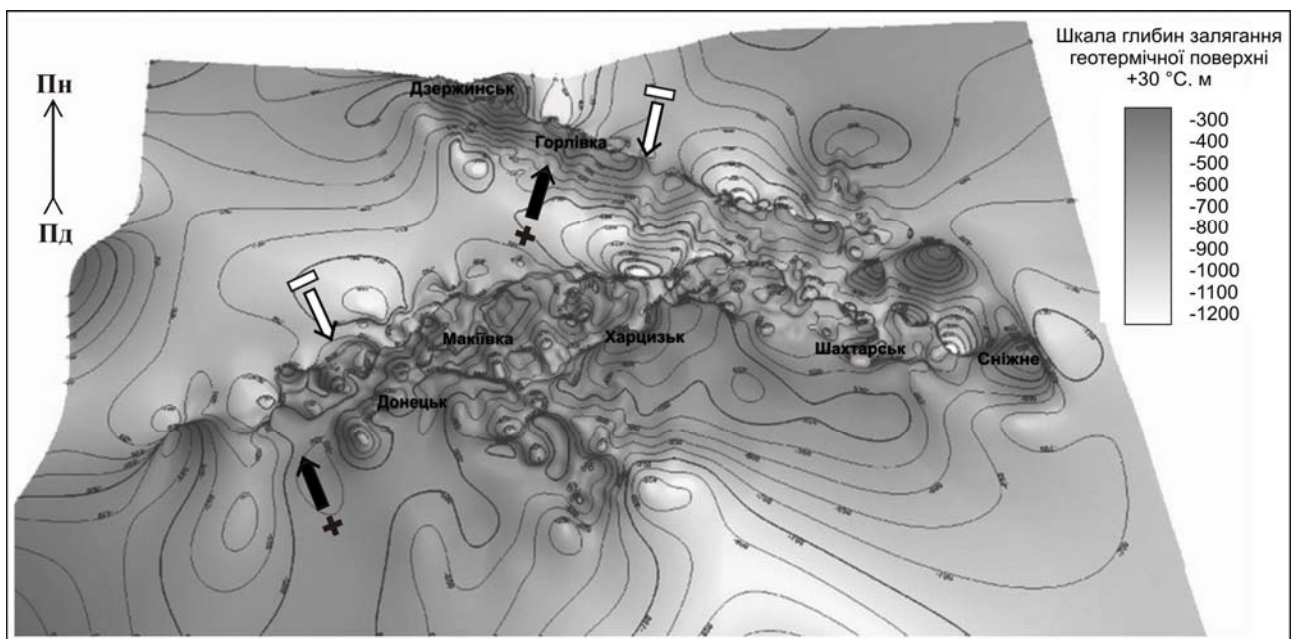


Рис. 3 Тривимірна модель геїзотермічної поверхні +30 °С (Напрямки тектонічних рухів: + —> - підняття, □ => - опускання)

тепла для обігрівання в зимовий період будинків та споруд загальною площею 68,0-71,0 тис. м², що в нафтовому еквіваленті відповідає 3800-3870 т у. п. [10].

Аналіз гіпсометричних побудов найбільш доступної і перспективної для теплоенергетичного освоєння геотермічної поверхні +30 °С показує, що 76% показників даної температури

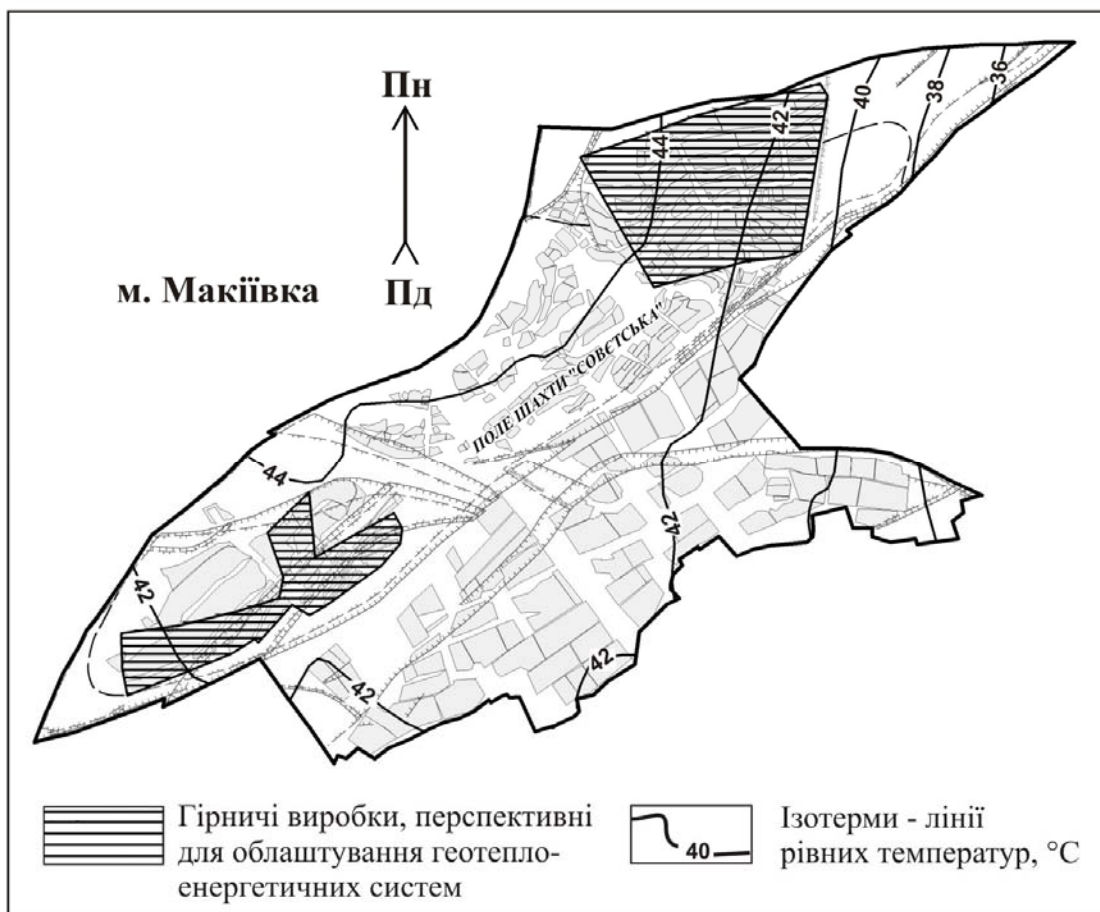


Рис. 4 Розподіл температур у гірничих виробках вугільного пласта m_3 закритої шахти «Советська» (м. Макіївка)

порід карбону відкритого Донбасу локалізується в інтервалі глибин від 700 до 900 м. Крім того, тривимірна модель даної ізотермічної поверхні однозначно вказує на глибинно-тектонічну природу найбільш контрастних приповерхневих теплових аномалій в зоні проявлення стискуючих тектонічних рухів (насувів і вскидів) в межах південно-східного борту Кальміус-Торецької котловини (північно-західні околиці міст Донецьк і Макіївка) і на північно-східному крилі Головної антикліналі Донбасу (рис. 3). Розміри площадних геотермальних аномалій змінюються від 0,3-1,6 до 128,0-218,1 км² з перевищенням фонових значень температури на 2-12 °С [9]. Найбільша кількість (до 20 на район) теплових аномалій у вугленосних відкладах на глибинах до 1800 м виявлена в Павлоградсько-Петропавлівському і Донецько-Макіївському вугленосних районах. Значно менша концентрація теплових аномалій (3-6) характерна для Лисичанського, Красноармійського, Південно-Донбаського і Центрального вугленосних районів [9, 10].

Зараз гірничі виробки більшості (дві третини) діючих і закритих шахт Донбасу знаходяться на глибинах 700-1000 м, а чверть з них досягли глибин, які значно перевищують 1000 м. Це вказує на високу потенційну можливість їх використання для облаштування геотермальних енергетичних систем (ГТЕС) з використанням підігрітої шахтної води для обігрівання мікрорайонів і окремих житлових масивів шахтарських міст (рис. 4). У випадку наявності шахтних вод підвищеної мінералізації їх можна замінити або розбавляти поверхневою прісною водою. При цьому найперспективнішим напрямком розвитку геотермальної теплоенер-

гетики в Донбасі є теплонасосна технологія використання шахтних вод, нагрітих гірськими породами і гірничими виробками до температури +25-+30 °С, що дасть змогу з облаштуванням на денній поверхні теплових насосів збільшити генерацію тепла в 3,5-5 разів [5]. При використанні низькотемпературного джерела шахтних вод з температурою 20-22 °С коефіцієнт збільшення температури технічної шахтної води з використанням ефекту теплових насосів не буде перевищувати 2,5-3,0, тобто температура складе всього 55-60 °С.

Список літератури

1. Гогель Ж. Геотермия. М.: Изд-во «Мир», 1978. – 171 с.
2. Дворов И.М., Дворов В.И. Освоение внутреннего тепла. – М.: Изд-во «Наука», 1984.
3. Орлов О.О., Омельченко В.Г. Використання гідротермальної і петротермальної енергії землі//Геол. журн., 2010. - № 4. – С. 36-47.
4. Авдєєва А.М., Ільїн В.В., Карлашенко І.М. Моделювання та реконструкція термального поля Південно-Західного Донбасу//Перспективи використання нетрадиційних джерел енергії в Україні. Матеріали конференції.: УкрДГРІ, 2009. – с.88-90.
5. Геотермия//Материалы украинско-немецкого круглого стола. –Донецк: ДонНТУ, 2011. – 114 с.
6. Морозов Ю.П. Стан розвитку геотермальної енергетики та перспективи використання глибинного тепла Землі в Україні//Перспективи використання нетрадиційних джерел енергії в Україні.: Матеріали конференції: УкрДГРІ, 2009. – С. 39-41.
7. Саніна І.В., Лютий Г.Г. Гідрогеотермальні ресурси України та перспективи їх освоєння //Перспективи використання нетрадиційних джерел енергії в Україні. Матеріали конференції.: УкрДГРІ, 2009. С. 42-45.
8. Сашченко И.Д. Состояние и перспективы использования геотермальной Энергии Закарпатья//Перспективи використання нетрадиційних джерел енергії в Україні. Матеріали конференції: УкрДГРІ, 2009. – С. 48-49.
9. Авдєєва А.М., Карлашенко І.М., Пономарьова Т.М. Моделювання та реконструкція термального поля Південно-Західного Донбасу (Центральний, Донецько-Макіївський і Чистяково-Сніжнянський вугленосні райони) //Звіт ДРГП «Донецькгеологія», 2010. – м. Артемівськ. -139 с.
10. Буцик Ю.В., Мартынюк В.И. Подобедова А.М. и др. Обобщение материалов и прогноз геотермических условий разработки угольных месторождений на глубоких горизонтах Донбасса//Отчет ЦТЭ Мингео УССР. – 1984. Киев. – 350 с.