

© **А.В. Назаревич, А.Ю. Микита, 2010**

*Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна  
НАНУ, м. Львів*

## **МЕТЕОТЕМПЕРАТУРНІ ПОЛЯ В МАСИВАХ ПОРІД (ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ДЕФОРМОГРАФІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА РГС “БЕРЕГОВЕ” У ЗАКАРПАТТІ)**

У роботі за результатами досліджень температурного режиму масиву порід та повітря штольні РГС “Берегове” та за теоретичними даними описано деякі особливості поширення метеотемпературних полів у масивах порід, оцінено їх вплив на результати деформографічних досліджень.

**Ключові слова:** метеотемпературні поля, масиви порід, теплопровідність, температурний вплив, деформографічні спостереження.

**Вступ.** Під час проведення геодинамічного моніторингу та сейсмопрогностичних досліджень вплив різних метеорологічних факторів, у першу чергу – температури, на результати режимних геофізичних спостережень призводить до викривлення величини змін досліджуваних геофізичних параметрів, спричинених геодинамічним процесом [1, 2]. Через це при прогнозуванні подальшого розвитку контрольованих природних чи техногенних геодинамічних процесів і визначенні ймовірності та небезпеки геодинамічних катастроф можливі помилки – так звані “пропуск цілі” (невиявлення чи неправильна оцінка провісникових аномалій внаслідок спотворення чи маскування їх впливом метеофакторів), або “хибної тривоги” (коли аномалії, спричинені метеовпливом, хибно інтерпретуються, як провісникові) [2–4]. Саме температурний вплив на породи і апаратуру може призвести як до появи хибних аномалій, що не мають ніякого зв’язку з тріщинуватими розущільненими зонами, підвищеними підземними флюїдопотоками та іншими об’єктами пошукових досліджень, так і до спотворення та маскування справжніх геофізичних аномалій і фактичного блокування отримання необхідних результатів таких досліджень [5–9]. Розв’язання цих проблем вимагає детального вивчення впливу температурних полів метеорологічного походження на результати режимних та польових геофізичних спостережень, особливо на базових геофізичних станціях і обсерваторіях, де реалізують найбільш інформативні методики і встановлено найчутливішу апаратуру [10]. Саме така

задача є актуальною (зважаючи також на низку додаткових зазначених нижче обставин) для геофізичних досліджень на розташованій у Закарпатті, у північно-західній частині Берегівського горбогір'я, режимній геофізичній станції (РГС) “Берегове” Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

**Метеотемпературні варіації як фактор впливу на результати геофізичних спостережень.** Вивчення амплітудних, часово-просторових, спектральних, та інших параметрів і характеристик метеотемпературних полів у повітрі і масивах порід (на різній глибині), як в загальному на досліджуваних територіях, так і в кожному пункті спостережень зокрема, та впливу цих полів на результати деформографічних, параметричних сейсмогеоакустичних, акустоемісійних, нахиломірних та інших геофізичних спостережень є актуальним завданням. Відомо, що метеотемпературні фактори можуть впливати на отримувані результати різним чином. Можливий прямий вплив змін температури повітря чи вологості ґрунтів на геофізичну апаратуру, зокрема, на датчики та вимірювальні електронні схеми (див., наприклад, [11–15]). Навіть у разі розташування датчиків і апаратури в підземних виробках з метою зменшення впливу добових і сезонних варіацій температури на результати досліджень такий вплив все ж є відчутним через пряме проникнення повітря ззовні, а також через проникнення температурних варіацій крізь верхні шари масиву порід (шляхом кондуктивної передачі тепла за рахунок теплопровідності порід, переносу тепла ґрунтовими водами тощо [16–18]). Ці процеси ускладнені тим, що крім впливу зміни температури повітря шляхом контактного теплообміну наявний прямий вплив сонячної радіації, яка прогріває безпосередньо поверхню землі і залежить від хмарності, орієнтації денної поверхні (кута нахилу і азимуту відносно півдня), коефіцієнта відбиття/поглинання у різних ділянках спектру сонячного світла та багатьох інших чинників [5–7].

Все це стосується і температурного впливу на досліджувані масиви гірських порід, до чого додається ще вплив термопружних деформацій. Це деформації, породжені термопружними процесами у приповерхневих шарах порід [2], де температурна хвиля, що проникає згори, на певній глибині за рахунок термопружних процесів трансформується у хвилю деформацій. При цьому кожен з названих шляхів впливу на кожен з ланок названого ланцюга (апаратуру, датчики, породи) має свої особливості, специфічні амплітудні і часові характеристики, і потребує детального вивчення як у контексті загальних закономірностей, так і локальних особливостей на кожному пункті спостережень.

Нами проведено порівняльний аналіз отриманих за експериментальними та теоретичними даними щодо Карпатського регіону України, зокрема РГС “Берегове”, характерних особливостей поширення в породах найбільш виражених – сезонних та добових – температурних хвиль. На основі отриманих результатів зроблено висновки щодо характеристик очікуваних та фактичних величин метеотемпературного впливу на різній глибині, способів мінімізації, врахування та редукції такого впливу для режимних геофізичних, передовсім деформографічних, даних.

**Методико-апаратурні особливості геотермічних досліджень на РГС “Берегове”.** Як зазначено вище, РГС “Берегове” розташована у північно-західній частині Берегівського горбогір’я, на північно-західному схилі гори Ардово, в межах присілка Чопівка – північної окраїни м. Берегове. Примітною особливістю даної РГС є наявність великої підземної камери-штольні (пройденої ручним способом у схилі гори близько 100 років тому і використовуваної раніше як винний погріб) розміром приблизно  $37 \times 7 \times 5,5$  м (рис. 1), де зараз ми проводимо режимні деформографічні, геоакустичні, геотермічні, геомагнітні та інші геофізичні спостереження.

Проблема вивчення впливу метеофакторів на результати геофізичних досліджень, зокрема деформографічних, на РГС “Берегове” особливо актуальна тому, що за своїми параметрами штольня не відповідає вимогам до підземних камер для деформографічних досліджень [2]. Так, для якісного проведення таких досліджень добові зміни температури повітря в штольні та масиві порід не повинні перевищувати  $0,01-0,02$  °С, а сезонні –  $0,2-0,5$  °С [2]. Такі високі вимоги до температурної стабільності пов’язані з необхідністю контролювати припливні деформації в земній корі та деформаційні провісники місцевих землетрусів, величина яких становить  $10^{-8}$  та  $1 \div 8 \times 10^{-7}$  відповідно [2, 20]. Отже термopружні деформації деформографа, основу якого складає штанга з кварцового скла довжиною від кількох до перших десятків метрів, мають бути хоча б у 3–5 разів меншими. Власне звідси (враховуючи температурний коефіцієнт лінійного розширення для кварцу  $(0,256 \times 10^{-6})$  [21]) і виникають вимоги до якнайвищої температурної стабільності штольні. Виходячи з даних польових досліджень та теоретичних розрахунків поширення метеотемпературних хвиль в масивах порід [2, 6] (див. також рис. 4, б), штольня має бути заглиблена не менш як на 10–15 м (краще на 20–25 м, враховуючи додаткове проникнення температурних впливів через шлюзи) від денної поверхні [2]. Штольня РГС “Берегове” (рис. 1) заглиблена у

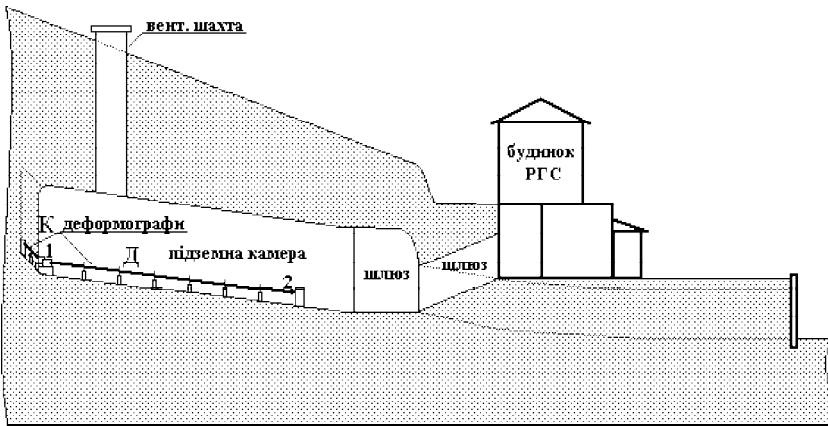


Рис. 1. Розташування деформографів у штольні РГС “Берегове” (К – короткого, 65 м, Д – довгого, 24 м). 1 – вимірювальні системи деформатора, 2 – калібрувальна система

ближній до входу частині лише на 5–7, у дальній – на 10–13 м (відстань від денної поверхні до склепіння), вхідні шлюзи конструктивно невідповідні, також значний додатковий вплив має вентиляційна шахта (знову ж з невідповідно сконструйованими шлюзами). В результаті сезонні варіації температури повітря у штольні досягали  $5,5^{\circ}\text{C}$  (від  $+6$  наприкінці зими до  $+11,5^{\circ}\text{C}$  наприкінці літа), що свідчило про значний прямий метеотемпературний вплив через шлюзи і шахту. Проведене у попередні роки часткове дооблаштування шлюзів зменшило рівень сезонних варіацій принаймні до  $2,5\text{--}3,5^{\circ}\text{C}$ .

Можливі шляхи покращення умов деформографічних досліджень РГС “Берегове” – радикальне (тривале і надзвичайно дороге) її переоблаштування, або тотальний прецизійний (на рівні  $0,001\text{--}0,005^{\circ}\text{C}$ ) температурний контроль масиву порід і повітря у шлюзах та штольні, визначення на його основі та редукція з деформографічних даних метеотермопружних деформацій. Нами вибрано оптимальний з точки зору витрат та ефективності проміжний варіант, який полягає у максимально можливому дооблаштуванні штольні за мінімальних матеріальних витрат, і створенні відповідної оптимальної системи гео- та метеотемпературного контролю. Критерієм тут є мінімізація та збалансованість витрат на облаштування штольні та створення системи температурного контролю за умови забезпечення необхідної якості деформографічних даних.

**Геотермічна апаратура.** Короткий аналіз результатів першого етапу створення системи температурного контролю в штольні РГС “Берегове” подано нижче. Для забезпечення необхідної (на рівні 0,001–0,005 °С) чутливості температурного контролю нами використано систему з кварцовими термодатчиками, які розташовано у центрі штольні в заглибленому у її підлогу на 0,6 м шурфі. Апаратура являє собою варіант модифікованої геотермічної станції типу ГС-1 [10] (рис. 2), принцип роботи як ґрунтується на вимірюванні температури порід і ґрунтів у шпурах за допомогою кварцових термочастотних датчиків. Результати вимірювань отримуються у значеннях частоти, температуру визначають за формулою:

$$T_x = A \times f_x - B, \quad (1)$$

де  $T_x$  – шукані значення температури;  $f_x$  – значення частоти кварцового термочастотного датчика;  $A$  і  $B$  – температурно-частотні коефіцієнти датчика.

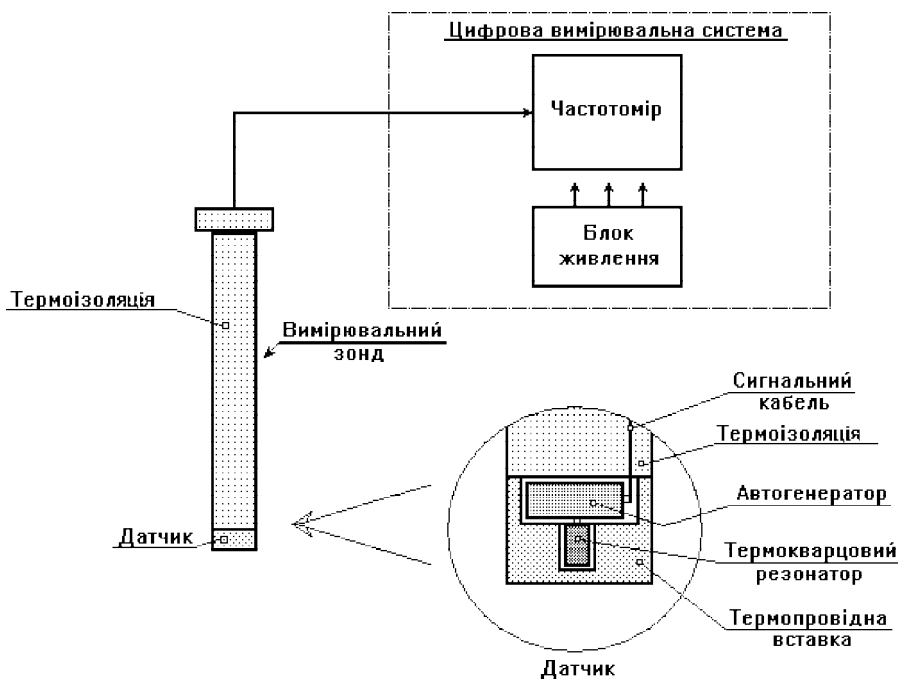


Рис. 2. Апаратура геотермічного моніторингу на РГС “Берегове” з кварцовим геотемпературним датчиком – модифікована геотермічна станція ГС-1

Комплект станції складають: температурно-частотний вимірюваль-но-перетворювальний канал (геотермічний шурфовий щуп з кварцовим датчиком температури та схемою автогенератора); цифровий вимірю-вальний канал (прецизійний частотомір-хронометр Ф5041), блок живлен-ня. Основні технічні характеристики станції: діапазон вимірювань тем-ператури –  $-50 \div +80$  °С; чутливість каналу –  $\leq 0,001$  °С; похибка вимі-рювань температури –  $\leq 0,01$  °С.

Конструкція шпурового зонда забезпечує розташування кварцового термочастотного датчика на глибині 0,6 м, з метою мінімізації теплопе-редачі деякі конструкції штанги зонда виготовлено з фторопласту. Дат-чиками слугують температурночутливі кварцові резонатори [11, 12] з робочою частотою 5 МГц, включені через елемент задання частоти до схеми електронного автогенератора [12–15]. Значення частоти опера-тор вимірює двічі на добу за допомогою наземної вимірювальної систе-ми – прецизійного частотоміра-хронометра Ф5041, який забезпечує ви-мірювання частоти з точністю  $10^{-7}$  і з розділенням по частоті 0,1 Гц. Враховуючи, що температурний коефіцієнт частоти  $A$  (ТКЧ) використа-них кварцових датчиків становить приблизно 185 Гц/°С, приведена апа-ратурна точність вимірювань температури (по частоті) становить 0,0027 °С, а роздільна здатність  $\sim 0,0005$  °С.

Паралельно з даною системою проводили вимірювання температу-ри повітря в штольні РГС за допомогою ртутного термометра з ділен-ням шкали 0,5 °С, встановленого поблизу входу, та за допомогою метео-рологічної апаратури – вимірювача температури і вологості повітря типу ІТВ-1М з комплектом датчиків, встановленого у дальньому від входу кінці штольні. Основні метрологічні характеристики приладу ІТВ-1М: похибка вимірювань температури  $\pm 0,6$  °С, вологості –  $\pm 4$  %, роздільна здатність – 1 °С і 1 % відповідно.

**Методики обробки польових даних.** Оскільки теоретичні і поль-ові геотермічні дані мають вигляд часових рядів, їх слід обробляти для отримання необхідної інформації. Обробку та візуалізацію наведених у роботі даних проводили за допомогою розробленого С.Т. і Ю.Т. Вер-бицькими пакету програм для обробки часових рядів. Методика оброб-ки польових даних складена з таких етапів:

- набір, коректування, регуляризація (переведення у рівномірно дискре-тизований за часом ряд, необхідний для подальшої обробки деякими з програм використаного пакету) та візуалізація даних (програми ARR\_SPLN.EXE, ARR\_VIEW.EXE і ARR\_OIEW.EXE);

- перерахунок вхідних даних (значень частоти, отримуваних з термочутливого кварцового частотного датчика) у значення температури з врахуванням “нульової” частоти (частоти за  $t = 0$  °C) і температурного коефіцієнта частоти (програма ARR\_PROC.EXE). Значення температури обчислювали за модифікованою формулою (1):

$$T_x = A \times (f_x^6 - 5 \times 10^6 + B^6) \quad (2)$$

- розділення трендової та варіаційної складових (програма ARR\_DETR.EXE, тренд апроксимували сплайн-функцією – поліномом відповідного степеня);
- розрахунок та аналіз спектрів метеотемпературних геотермічних варіацій та поведінки в часі окремих спектральних складових (програми ARR\_SPCT.EXE, ARR\_FFLT.EXE, ARR\_FFTF.EXE).

### **Варіації температури масиву порід штольні РГС “Берегове”.**

Контроль за температурою масиву порід РГС “Берегове” за допомогою описаної вище системи з кварцовим термочастотним датчиком розпочато ще кілька років тому. За цей час було встановлено, що температура масиву порід у зоні встановлення датчика і деформографів протягом року змінюється приблизно на 5 °C, причому часова затримка відносно максимумів і мінімумів метеотемпературної хвилі на поверхні є невеликою – менше місяця. Це значно перевищувало допустимі межі [2], свідчило про наявність прямого метеотемпературного впливу (див. нижче) і призводило до великих термопружних деформацій як масиву порід, так і кварцової штанги деформографа – сезонних величиною в сотні мікрон і добових величиною в десятки мікрон. На цьому фоні неможливо виділяти та вивчати ані провісникові деформаційні аномалії (з амплітудою перші десятки мікрон і тривалістю від тижнів до місяців), ані припливні варіації (добові та півдобові амплітудою в десятки долі мікрон). Тому у 2007–2008 рр. проведено роботи з дооблаштування вхідних шлюзів та термоізоляції вентиляційної шахти штольні РГС “Берегове”, що дозволило в кілька разів зменшити величину сезонних і добових варіацій температури масиву порід та повітря у штольні РГС. Ілюстрацією цього є наведені на рис. 3 зміни температури масиву порід штольні РГС “Берегове” за даними системи з кварцовим температурним датчиком за період 10.06–12.12.2008 р., які подано у відносних значеннях частоти.

Як видно з рис. 3 (враховуючи, що температурний коефіцієнт кварцового датчика становить  $\sim 185$  Гц/°C), за півроку температура порід змінилась приблизно на 0,67 °C (120 Гц), добова складова має амплітуду 0,02–

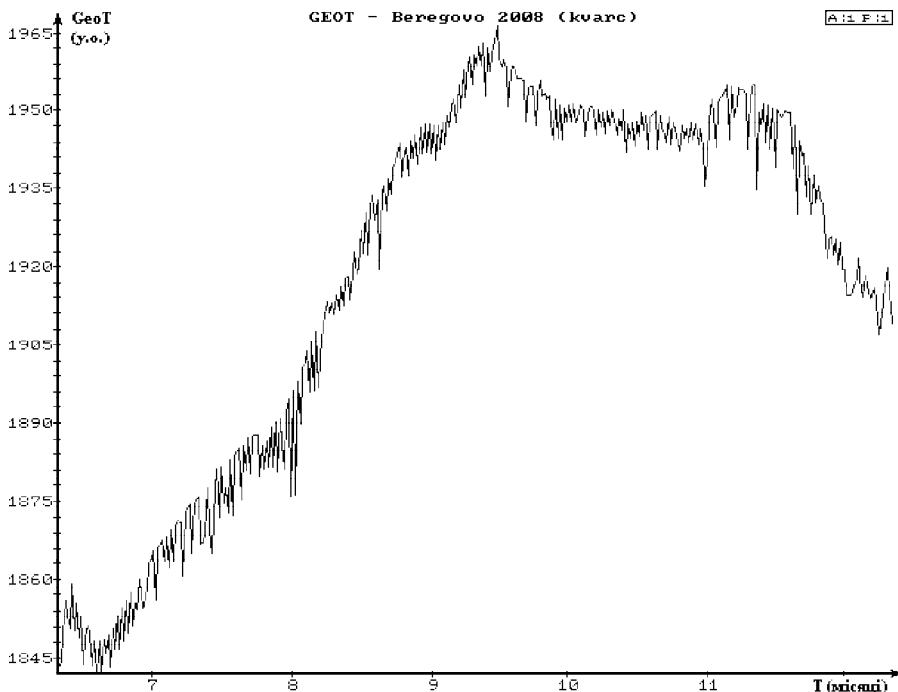


Рис. 3. Зміни температури масиву порід штольні РГС “Берегове” за даними системи з кварцовим температурним датчиком за період 10.06–12.12.2008 р. (у відносних значеннях частоти, молодший розряд відповідає 0,1 Гц).

0,05 °С. Враховуючи, що на глибині 0,6 м добові варіації температури значно (в 10 і більше разів) загасають, добові зміни температури повітря у штольні становлять до 0,2 °С, що (враховуючи температурний коефіцієнт лінійного розширення для кварцу ( $0,256 \times 10^{-6}$ ) [21]) обмежує дослідження тонких деформаційних ефектів – припливних деформацій та ін. Водночас за цих умов, враховуючи, що величина сезонної хвилі термопружної деформації для кварцової штанги деформографа за даних варіацій температури становить близько 4 мікрон, можна сподіватись на виділення деформаційних провісників відчутних місцевих землетрусів, амплітуди яких, за результатами проведеного нами раніше аналізу деформографічних даних станції “Мужієво” [20], становлять близько 10–30 мікрон.

Зауважимо також, що на рис. 3 помітний невеликий прямий метеотемпературний вплив з другої половини вересня до початку грудня, який ніби зрізав пік сезонної хвилі, що пройшла з відповідним часовим запізненням (див. нижче) через породи.



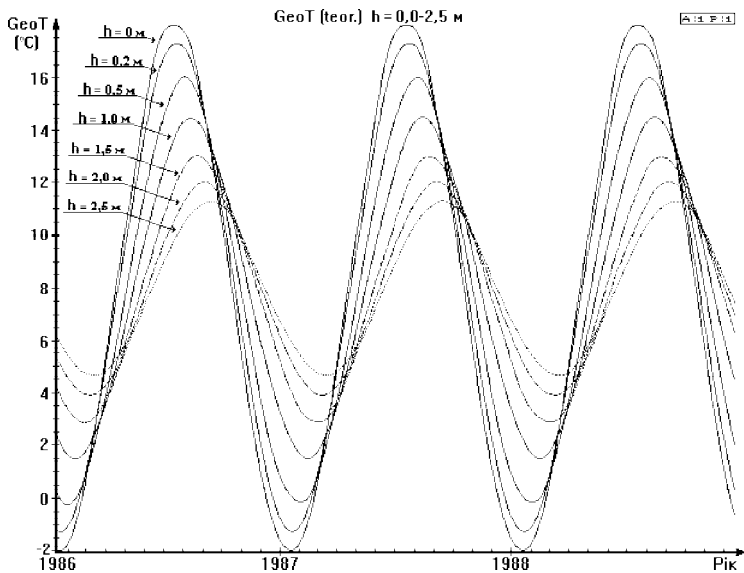
Одним з важливих результатів даних досліджень стала зафіксована різниця температур між входом і дальнім кінцем штольні, яка у різні періоди сягала до 2 °С. Це свідчить, що основним шляхом проникнення метеотемпературних впливів у штольню РГС “Берегове” є вхідні шлюзи та вентиляційна шахта, і таке проникнення відбувається не тільки за рахунок теплообміну, а і за рахунок конвективної циркуляції повітря у самій штольні та за рахунок конвективного зв’язку через вхідні шлюзи і вентиляційну шахту з навколишнім середовищем.

**Характеристики сезонних температурних хвиль за теоретичними даними.** Враховуючи складні метеотемпературні умови геофізичних спостережень у штольні РГС “Берегове”, різні шляхи та механізми проникнення сюди метеотемпературних впливів, ми провели аналіз особливостей таких впливів за теоретичними даними. Це дозволило ясніше уявити собі їх особливості, величину та інші характеристики, зокрема часове запізнення, надійніше оцінити їх можливий і фактичний вплив на результати, спрогнозувати результативність різних підходів та заходів з мінімізації та редукції такого впливу.

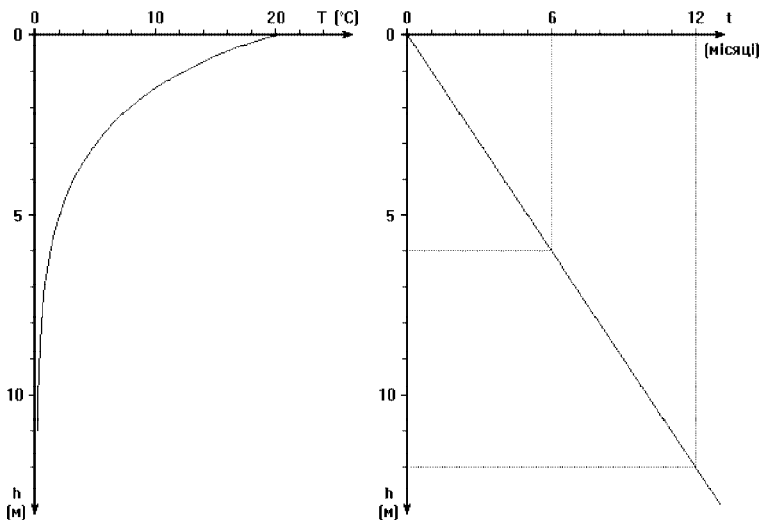
Теоретичний аналіз варіацій температури приповерхневих шарів порід та ґрунтів проводили різні дослідники з метою розв’язання задач геотермії, метеорології, геодезії, сільського господарства та ін. Один з найбільш придатних для наших задач варіантів такого аналізу наведено в роботах Е.Б. Чекалюка з колегами [4, 5].

Побудовані за цими даними теоретичні сезонні варіаційні криві для різних значень глибини в діапазоні від 0 до 2,5 м наведено на рис. 4, *а* (для порід з коефіцієнтом температуропровідності  $\alpha = 0,002 \text{ м}^2/\text{год}$ ), а основні характеристики поширення таких сезонних метеотемпературних хвиль в породах – загасання їх амплітуд (при сезонному перепаді температур 20 °С для  $h = 0 \text{ м}$ ) та часове запізнення, як функцію глибини – на рис. 4, *б* і 4, *в*. Наведені на рис. 4 теоретичні криві є пронормованими (для подальшого порівняння з експериментальними даними) на типові для Карпатського регіону характеристики сезонної температурної хвилі (в даному випадку – на сезонну температурну хвилю 1986–87 рр.) – середня багаторічна температура +8 °С, середній сезонний перепад температур – 20 °С (від –2 до +18 °С), часове запізнення відносно 1 січня – 15 днів.

Аналізуючи отримані результати зазначимо, що визначений за теоретичними даними амплітудний коефіцієнт температуропередачі  $\kappa_{th} \approx \approx 1/2^{h/1.67} \approx 0,66 \text{ од./м}$ , а коефіцієнт часового запізнення  $\tau_{th} \sim 30 \text{ днів/м}$ . За



a



б

в

Рис. 4. Теоретичні сезонні зміни температури порід на глибині до 2,5 м: а – з врахуванням теоретичних закономірностей поширення сезонних температурних хвиль за даними [5, 6] і типових для Передкарпаття параметрів сезонних змін температури земної поверхні, їх характеристики залежно від глибини: б – загасання амплітуд, в – часове запізнення

результатами аналізу можна записати формулу для розрахунку величини сезонної температурної хвилі в масиві порід для різної глибини до глибини термостабільного шару (15–20 м) при квазістаціонарності сезонної температурної хвилі (незмінності в першому наближенні її амплітуд та характеру протягом двох-трьох років):

$$T = T_0 + T_1 + \kappa_{ih} \times T' \sin(((t - 15 - \tau_{ih})/365 - 1/4)\pi), \quad (3)$$

де  $T$  – температура порід ( $^{\circ}\text{C}$ ) на глибині  $h$  (м);  $T_0$  – середня багаторічна температура верхнього шару порід для даної місцевості ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_1$  – короткоперіодна (добові – кількадобові – кількатижневі варіації) метеотемпературна поправка, суттєва до глибини 3 м);  $T'$  – амплітуда сезонної температурної хвилі ( $^{\circ}\text{C}$ ) на поверхні ґрунту (половина річного перепаду температури);  $t$  – час у днях (від початку року); 15 – коефіцієнт часового запізнення у днях мінімуму сезонної хвилі відносно початку року;  $1/4$  – коефіцієнт регулярного фазово зміщення сезонної температурної хвилі у частках періоду цієї хвилі (початку року відповідає мінімальне значення температури).

А підставивши у формулу (3) визначені коефіцієнти  $\kappa_{ih}$  і  $\tau_{ih}$ , отримаємо:

$$T = T_0 + T' \times 1/2^{h/1.5} \sin(((t - 15 - 30 \times h)/365 - 1/4)\pi) \quad (4)$$

За цими даними, заглибленні у масив порід на 2,5 м сезонна температурна хвиля загасає за амплітудою (розмахом) майже у 3 рази, а на глибині 6 м – у 12 разів. Отже, якщо на денній поверхні сезонний перепад температур (дещо вищий від середнього для заходу України (такі перепади тут трапляються в середньому 2–3 рази на 10 років)) становитиме  $30^{\circ}\text{C}$  (від  $-5^{\circ}\text{C}$  взимку до  $+25^{\circ}\text{C}$  влітку), то на глибині 2,5 м він буде не більше  $10,5^{\circ}\text{C}$ , на глибині 6 м –  $2,5^{\circ}\text{C}$ , на глибині 10 м –  $0,5^{\circ}\text{C}$  на глибині 15 м –  $0,06^{\circ}\text{C}$ . При поширенні вглиб масиву порід така сезонна температурна хвиля має часове запізнення на півроку на глибині 6 м, на рік – на глибині 12 м і на 1,5 року – на глибині 18 м. До сказаного додамо, що наведені тут дані є майже максимальними оцінками для гірських порід, оскільки коефіцієнт температуропровідності  $\alpha = 0,002 \text{ м}^2/\text{год}$  для непорушених порід в умовах природного залягання перевищується дуже рідко, переважно цей коефіцієнт становить  $0,001$ – $0,0015 \text{ м}^2/\text{год}$ , а часом ще менше. Але також відзначимо, що в умовах обводненості ґрунтів та порід, їх порушеності та підвищеної інтенсивності геогідродинамічних процесів чи проникання поверхневих та цир-

куляції ґрунтових вод реальна інтенсивність теплопереносу може бути значно вищою саме за їх рахунок.

**Висновки.** Температурний режим підземних виробок (штолень) є одним з важливих факторів, які визначають якість результатів проведених там геофізичних, у першу чергу, деформографічних досліджень. Результати наших досліджень на РГС “Берегове” вказують на необхідність забезпечення добових змін температури повітря в штольні та у вмістному масиві порід не вище 0,01–0,02 °С, а сезонних – 0,2–0,5 °С (враховуючи, що провісникові деформаційні аномалії мають амплітуди в перші десятки мікрон і тривалість від тижнів до місяців, а припливні варіації (добові та півдобові) мають амплітуди в десяті долі мікрон, а також враховуючи температурний коефіцієнт лінійного розширення для кварцу ( $0,256 \times 10^{-6}$ )) і повністю кореспондуються з висновками, отриманими Л.О. Латиніною з колегами.[2].

Для дослідження та редукції термопружних деформацій порід і кварцового деформографа необхідно контролювати варіації температури масиву порід і повітря у штольні з розділенням не менше 0,01 °С.

Вказану чутливість до змін температури порід чи повітря повністю забезпечує застосована нами геотермічна апаратурна система з кварцовими термодатчиками (яка має чутливість вимірювального каналу  $\leq 0,001$  °С), що підтверджують наведені в роботі результати режимних польових спостережень.

Результати проведених досліджень у сукупності з аналізом теоретичних даних дозволили виявити основні шляхи проникнення метеотемпературних впливів у штольню РГС “Берегове”, зокрема, через вхідні шлюзи та вентиляційну шахту, в тому числі за рахунок конвекції, про що свідчить зафіксована різниця температур між входом і дальнім кінцем штольні, яка у різні періоди сягала 2 °С. За результатами проведених досліджень розроблено та реалізовано ряд ефективних і маловитратних заходів для мінімізації такого впливу, підтвердженням чого є зниження майже на порядок (з 5,5 до 0,67 °С) величини сезонних температурних варіацій у штольні РГС.

Подальшим напрямком розвитку вказаних досліджень і використання їх результатів для покращення якості деформографічних даних є розширення мережі точок контролю температури повітря і порід у штольні, відповідно до її складної форми та орієнтації у просторі, більш точне врахування при цьому теоретичних закономірностей поширення метеотемпературних хвиль у гірських породах. На цій основі буде розроблено до-

даткові заходи з дооблаштування штольні, уточнені способи редукції термомпружних деформацій з деформографічних даних.

Результати даних досліджень і апаратурні напрацювання будуть нами використані також для геотермічних досліджень на глибоких свердловинах у Закарпатті під час проведення геодинамічного моніторингу та пошуку геотермічних провісників місцевих закарпатських землетрусів.

1. *Вербицький Т.З., Назаревич А.В.* Деформографічні і геоакустичні дослідження у Закарпатті // Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат / За ред. В.І. Старостенка. – К.: Наук. думка, 2005. – 254 с.
2. *Латынина Л.А., Жаринов Н.А., Крамер М.В. и др.* Методические рекомендации по исследованию деформационных предвестников землетрясений. – М.: ИФЗ АН СССР, 1988. – 81 с.
3. *Назаревич А., Назаревич Л.* Оптоелектронний вимірювальний канал до кварцевого деформографа // Геодинаміка. – 1999. – № 1(2). – С. 116–120.
4. *Вербицький Т., Гнип А., Малицький Д. та ін.* Мікросейсмічні і деформаційні дослідження в Закарпатті: результати та перспективи // Геофіз. журн. – 2003. – **23**, № 3. – С. 99–112.
5. *Чекалюк Э.Б.* Термодинамика нефтяного пласта. – М.: Недра, 1965.
6. *Чекалюк Э.Б., Федорцов И.М., Осадчий В.Г.* Полевая геотермическая съемка. – К.: Наук. думка, 1974. – 103 с.
7. *Кутас Р.И., Гордиенко В.В.* Тепловое поле Украины. – Киев: Наук. думка, 1971. – 112 с.
8. *Кутас Р.И.* Поле тепловых потоков и геотермическая модель земной коры. – Киев: Наук. думка, 1978. – 140 с.
9. *Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В.* Тепловое поле территории Украины. – К.: Знання України, 2002. – 170 с.
10. *Аннюк Ф.М., Осадчий В.Г., Филос Р.И., Чекалюк Э.Б.* Геотермическая станция ГС-1 // Приборы для научных исследований и системы автоматизации в АН УССР. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 79–80.
11. *Малов В.В.* Пьезорезонансные датчики. – М.: Энергия, 1978. – 248 с.
12. *Альциуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г.* Кварцевые генераторы: справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
13. *Горошков Б.И.* Радиотехнические устройства: справочник. – М.: Радио и связь, 1984. – 400 с.
14. *Вениаминов В.Н., Лебедев О.Н., Мирошниченко А.И.* Микросхемы и их применение: справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.
15. *Кончаловский В.Ю.* Цифровые измерительные устройства. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
16. *Лящук Д.Н., Назаревич А.В., Назаревич Л.С.* Геоелектромагнітноемісійний метод в моніторинзі локальних геодинамічних процесів // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2003. – № 26–27. – С. 92–97.
17. *Назаревич А.В.* Експериментальне дослідження спектрально-часової структури варіацій параметрів пружних хвиль в масивах гірських порід. Автореф. дис... кандидата фіз.-мат. наук. – К.: ІГФ НАН України, 1997. – 24 с.

18. Назаревич А.В., Назаревич Л.С. Нелінійна пружність і тензочутливість гірських порід (дослідження та застосування для геодинамічного моніторингу) // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2002. – № 23–24. – С. 33–38.
19. Турчанинов И.А., Марков Г.А., Иванов В.И., Козырев А.А. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок. – Л.: Наука, 1978. – 256 с.
20. Назаревич А.В., Назаревич Л.С. Деформаційні провісники закарпатських землетрусів: методики виділення та результати аналізу // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К., 2008. – С. 311–320.
21. Гофман В.Ю. Законы, формулы, задачи физики: справочник. – Киев: Наук. думка, 1977. – 576 с.

**Метеотемпературные поля в массивах пород (как фактор влияния на результаты деформографических наблюдений на РГС “Берегово” в Закарпатье** А.В. Назаревич, А.Ю. Мыкыта

**РЕЗЮМЕ.** В работе по результатам исследований температурного режима массива пород и воздуха штольни РГС “Берегово” и по теоретическим данным описаны некоторые особенности распространения метеотемпературных полей в массивах пород, оценено их влияние на данные деформографических исследований.

**Ключевые слова:** метеотемпературные поля, массивы пород, теплопроводимость, температурное влияние, деформографические наблюдения.

**Meteothermal field in the rocks massifs (as a factor of influence on the results of extenzometric observations in RGS “Beregove” in Transcarpathians)**  
A.V. Nazarevych, A.Yu. Mykyta

**SUMMARY.** In the paper on the result of researches of temperature condition of rocks massif and air of RGS “Beregove” grotto and also on the theoretical data some features of distribution of meteothermal fields in the rocks massif is described and their influence on extenzometric researches data is evaluated.

**Keywords:** meteothermal fields, rocks massifs, thermal conducting, temperature influencing, extensometric observations.