

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗА ДАНИМИ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ГЕОФІЗИЧНІЙ СТАНЦІЇ “ЛИСОВИЧІ” (ПЕРЕДКАРПАТТЯ)

В роботі за даними спеціальних польових геотермічних досліджень (так званого вертикального геотермічного зондування) на станції “Лисовичі” поблизу м. Моршина в Передкарпатті, проведених геотермічною апаратурою з кварцовими термочастотними датчиками, проаналізовано сезонні особливості температурного режиму верхніх шарів гірських порід та ґрунтів.

**Ключові слова:** геотермічні дослідження; вертикальне геотермічне зондування; геотермічна апаратура; кварцові термочастотні датчики; температурний режим порід.

### *Вступ.*

Дослідження температурного режиму верхніх шарів гірських порід та ґрунтів є необхідними для розв’язання ряду важливих задач геофізики, метеорології, геодезії, дистанційного зондування Землі, сільського господарства, будівництва та інших галузей людської діяльності.

Так, опосередкований (через породи) вплив різних метеорологічних факторів, і в першу чергу температури на результати режимних геофізичних спостережень при проведенні геодинамічного моніторингу і сейсмопрогностичних робіт поряд з прямим їх впливом призводить до спотворення досліджуваних змін геофізичних даних, спричинених геодинамічним процесом [1, 2]. Як результат цього при прогнозуванні подальшого розвитку контрольованих природних чи техногенних геодинамічних процесів і визначенні ймовірності та небезпеки геодинамічних катастроф можливі випадки хибного прогнозу – так званого “пропуску цілі” (невиявлення чи неправильної оцінки провісникових аномалій за рахунок спотворення чи маскуванія їх впливом метеофакторів), або ж навпаки “хибної тривоги” (коли аномалії, спричинені метеовпливом, хибно інтерпретуються як провісникові) [1–5].

Для метеорології дані дослідження є важливими для уточненого короткотермінового та довготермінового прогнозування погоди з уточненим врахуванням тепло- та вологообміну земної поверхні та атмосфери.

Для геодезії дані вказаних досліджень можуть бути використані при розрахунках температурних поправок для глибинних геодезичних реперів, а також для прогнозування оптичних та радіооптичних властивостей атмосфери з уточненим врахуванням тепло- та вологообміну між нею та земною поверхнею при плануванні та проведенні різних геодезичних робіт.

Для дистанційного зондування Землі важливим є, зокрема, якнайточніше врахування особливостей інфрачервоного (теплого) випромінювання земної поверхні та приповерхневих шарів порід і ґрунтів, прямо пов’язаних з їх температурним режимом.

Для сільського господарства температурний режим ґрунтів є одним з визначальних факторів для вегетації рослин [6], а для будівництва важливе значення мають зокрема такі особливості цього режиму, як його промерзання та розмерзання.

Розв’язання цих проблем вимагає детального вивчення особливостей температурного режиму верхніх шарів гірських порід та ґрунтів, такі дослідження проводились різними спеціалістами ([6–16] та ін.). У даній роботі нами проведено такий аналіз з використанням результатів спеціальних кількарічних польових геотермічних досліджень (так званого вертикального геотермічного зондування) на станції “Лисовичі” поблизу м. Моршина в Передкарпатті. Аналізовані дані (на відміну від опублікованих даних інших авторів, що проводили свої дослідження в інших регіонах) детально відображають температуру ґрунтів та порід (з кроком 0,2–0,5 м за глибиною) і дозволяють добре вивчити реальні особливості впливу кліматичних, погодних, ґрунтових умов та водного режиму приповерхневих шарів порід в Карпатському регіоні України на їх температурний режим, що власне і є основною метою роботи. Крім того в процесі описаних досліджень проаналізовано методико-апаратні особливості польових геотермічних спостережень з використанням застосованої на станції “Лисовичі” апаратури з кварцовими термочастотними датчиками та шпуровими зондами відповідної конструкції, відпрацьовано методики комп’ютерної трансформації та аналізу таких даних. Останнє є актуальним тому, що апаратура такого типу нині активно використовується нами для досліджень температурного режиму масивів порід у Закарпатті, зокрема, на режимній геофізичній станції (РГС) “Берегове” [5].

### *Методико-апаратні особливості польових геотермічних досліджень на станції “Лисовичі”*

Польові дослідження поширення в породах температурних хвиль метеорологічного походження (так зване вертикальне геотермічне зондування) проводились за допомогою модифі-

кованої геотермічної станції типу ГС-1 [16] (рис. 1) на станції “Лисовичі” поблизу м. Моршина в Передкарпатті. Принцип роботи даної станції ґрунтується на вимірюванні температури порід і ґрунтів у шпурах за допомогою кварцових термочастотних датчиків. Результати вимірювань отримуються у значеннях частоти, значення температури визначаються за формулою:

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

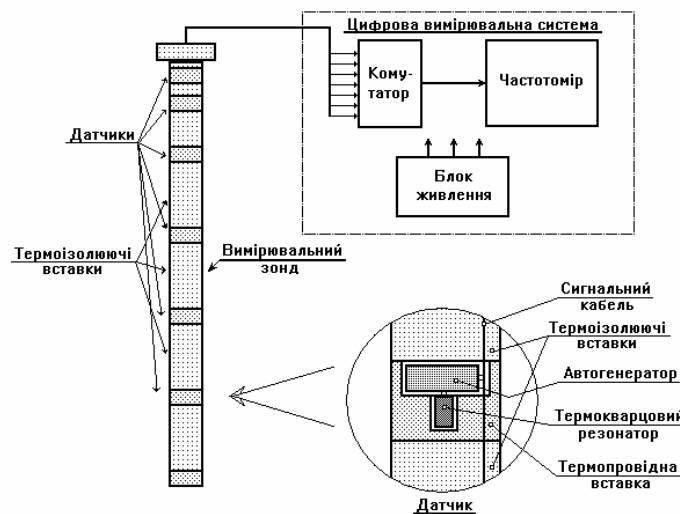
де  $T_x$  – шукані значення температури;  
 $f_x$  – значення частоти кварцового термочастотного датчика;

$A$  і  $B$  – температурно-частотні коефіцієнти

датчика.

В комплект станції входять: температурно-частотний вимірювально-перетворювальний канал (геотермічний шурфовий щуп з кварцовим датчиком температури та схемою автогенератора); цифровий вимірювальний канал (прецизійний частотомір-хронометр Ф5041), блок живлення. Основні технічні характеристики станції наступні:

- діапазон вимірювань температури  $-50 \div +80$  °С;
- чутливість каналу  $\leq 0,001$  °С;
- апаратурна похибка вимірювань температури  $\leq \pm 0,01$  °С.



**Рис. 1.** Апаратура вертикального геотермічного зондування – модифікована геотермічна станція ГС-1.

Для реалізації вертикального геотермічного зондування порівняно з описаним вище (детально представленим у [16]) базовим варіантом станція ГС-1 була модифікована з метою забезпечення одночасного контролю змін температури порід у шпурах на різних глибинах від поверхні (з кроком 0,2-0,5 м) і до більших (до 2,5 м замість 1,5 м) глибин. Для цього (див. рис. 1) було розроблено спеціальний вимірювальний зонд, у якому збільшено з 1 до 7 кількість частотних вимірювальних датчиків з виходом частотного сигналу на окремі лінії сигнального кабелю та введено комутатор для почергового їх підключення до цифрової вимірювальної системи. Конструкція шпурового зонда забезпечувала розташування кварцових термочастотних датчиків на глибинах 0,0/0,2/0,5/1,0/1,5/2,0/2,5 м, з метою мінімізації теплопередачі конструкції штанги зонда виготовлялися з фторопласту.

В якості датчиків використовувалися температурно-чутливі кварцові резонатори [17, 18] з робочою частотою 5 МГц (див. табл. 1), які включалися частотозадавальним елементом в схему електронного автогенератора [19–21].

Значення частоти вимірювалися оператором тричі на добу за допомогою наземної вимірювальної системи – прецизійного частотоміра-хронометра Ф5041, який забезпечував вимірювання частот з точністю  $10^{-7}$  і з розділенням по частоті 0,1 Гц. Враховуючи, що температурний коефіцієнт частоти  $A$  (ТКЧ) використаних кварцових датчиків (див. табл. 1) становив приблизно  $185 \text{ Гц}/^\circ\text{C}$ , приведена апаратурна точність вимірювань температури (по частоті) становила  $0,0027$  °С, а роздільна здатність –  $\sim 0,0005$  °С.

**Методики обробки польових даних**

Оскільки польові геотермічні дані є у вигляді часових рядів, їх потрібно було певним чином обробляти для отримання необхідної інформації. Обробка та візуалізація наведених у роботі даних проводилась за допомогою розробленого С.Т. Вербицьким і Ю.Т. Вербицьким пакету програм для обробки часових рядів. Методика обробки польових даних включала наступні етапи:

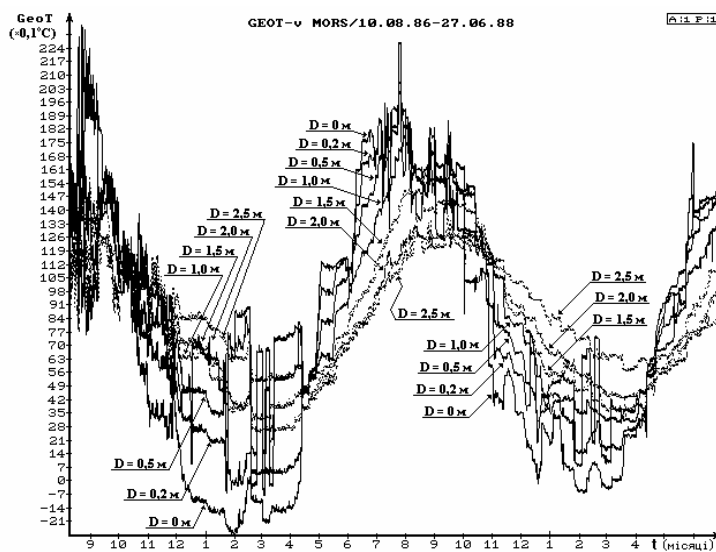
- Набір, коректування, регуляризація (переведення у рівномірні дискретизований у часі

Робочі характеристики кварцових термодатчиків  
зонда вертикального геотермічного зондування на станції “Лисовичі”

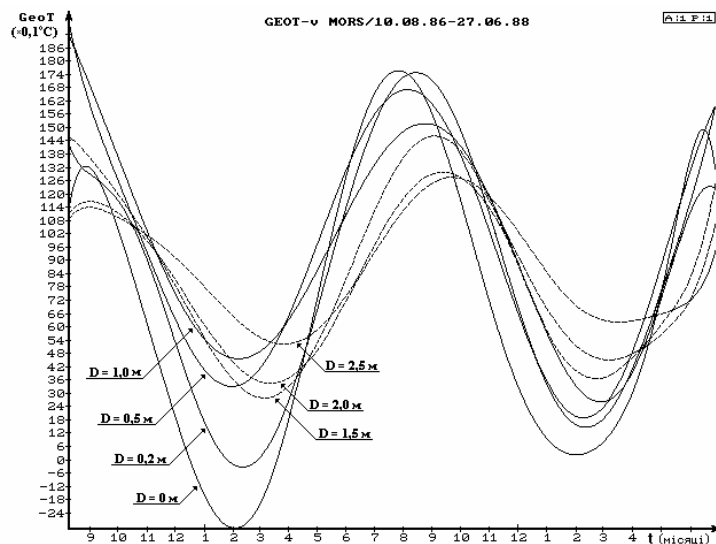
№ датч.	Глиб. D (м)	$f_0$ ( $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	$f_1$ ( $t=17,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	ТКЧ коэф. А ( $\text{Гц}/^{\circ}\text{C}$ )	Частотна поправка коэф. В (для $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
1	0,0	5000621	5003834	184,66	-621
2	0,2	4999569	5002760	183,39	431
3	0,5	5000748	5003964	184,33	-748
4	1,0	4999573	5002803	185,63	427
5	1,5	5000535	5003808	188,10	-535
6	2,0	5000534	5003702	182,07	-534
7	2,5	5000526	5003850	191,03	-526

ряд, необхідний для подальшої обробки даними з програм використаного пакету) та

візуалізація даних (програми ARR\_SPLN.EXE, ARR\_VIEW.EXE і ARR\_OIEW.EXE).



а.)



б.)

Рис. 2. Сезонні зміни температури порід на глибинах до 2,5 м на станції “Лисовичі” за період з серпня 1986 р. по червень 1988 р. (а.) та їх трендові компоненти (б.)

- Перерахунок вхідних даних (значень частоти, отримуваних з термочутливого кварцового частотного датчика) у значення температури з врахуванням “нульової” частоти (час-

тоти при  $t=0^{\circ}\text{C}$  (коэф.  $B'$ ) і температурного коефіцієнта частоти  $A$  (див. табл. 1) для кожного датчика (програма ARR\_PROC.EXE) – див. рис. 2.а. Значення температури обчислювалися за модифікованою формулою (1):

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

- Розділення трендової та варіаційної складових (обробка програмою ARR\_DETR.EXE, тренд

апроксимувався сплайн-функцією – поліномом відповідного степеня) – див. рис. 2.б.

- Розрахунок та аналіз спектрів метеотемпературних геотермічних варіацій та поведінки в часі окремих спектральних складових (програми ARR\_SPCT.EXE, ARR\_FFLT.EXE, ARR\_FFTF.EXE) – див. рис. 3.

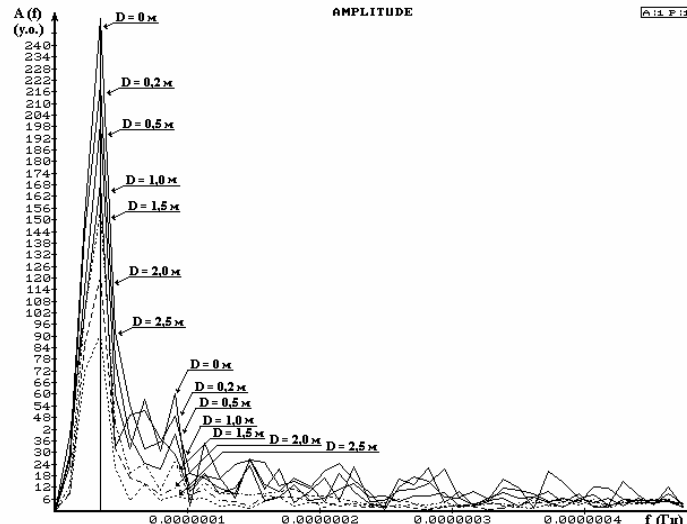


Рис. 3. Спектри поданих на рис. 2.а сезонних змін температури порід на глибинах до 2,5 м на станції “Лисовичі”

### Характеристики сезонних температурних хвиль

#### за даними досліджень на станції “Лисовичі”

Сезонні зміни температури порід на глибинах до 2,5 м, зареєстровані на станції “Лисовичі” за період від серпня 1986 р. до червня 1988 р. та їх трендові компоненти подано на рис. 2.а і 2.б відповідно. При розділенні трендової та варіаційної складових за допомогою програми ARR\_DETR.EXE тренд апроксимувався сплайн-функцією – поліномом відповідного степеня. Степінь апроксимуючого полінома вибирався в межах від 7 до 9 за критеріями гладкості отриманої сплайн-функції (наявності тільки сезонних (зимового та літнього) екстремумів) та мінімуму відхилень від первинного ряду.

Спектри поданих на рис. 2.а сезонних змін температури порід показані на рис. 3.

Аналізуючи подані на рис. 2.а первинні дані, відзначимо:

1. На графіках чітко виділяється сезонна складова, амплітуда якої з глибиною досить закономірно зменшується (на глибині 2,5 м – у 2,5 рази, з 20 до  $8^{\circ}\text{C}$ );
2. Чітко проглядається характерне запізнення екстремумів сезонної хвилі при поширенні її вглиб масиву порід (приблизно на 1,5 місяця на глибині 2,5 м);
3. Сезонний хід температури сильно зашумлений “високочастотними” (тривалістю від днів

до тижнів) варіаціями величиною до 3–6  $^{\circ}\text{C}$ , особливо це стосується початкової (перші 3 місяці) частини ряду і приповерхневих (0,0/0,2/0,5/1,0 м) глибин, це свідчить про значний вплив флюїдного (в т. ч. конвективного) теплопереносу;

4. Помітне промерзання верхнього шару (на глибину до 15–20 см) зафіксовано тільки взимку 1986-87 рр. (грудень – березень), взимку 1987-88 рр. промерзання майже не було.

Основні особливості виділених за результатами трендового аналізу і наведених на рис. 2.б сезонних компонент зареєстрованих варіацій температури порід (на ділянці від першого до другого мінімуму, оскільки початкова та кінцева частини цих графіків мають крайові спотворення і при аналізі не враховувались) такі:

1. На графіках чітко проглядається закономірне зменшення та часове запізнення з глибиною амплітуди сезонної складової (за винятком перших мінімумів для глибин 0,5 і 1,0 м);
2. Хід трендових складових підтверджує помітне промерзання верхнього шару (на глибину до 15-20 см) взимку 1986-87 р і практичну відсутність такого промерзання взимку 1987-88 р.

Щодо короткого аналізу спектрів варіацій температури порід на різних глибинах можна сказати наступне. Сезонні температурні хвилі з

періодом 0,00000031 Гц (365 днів), позначені маркером, ведуть себе більш-менш “правильно”, тобто в загальному відповідно до наведених в літературі [7–12] теоретичних закономірностей, включаючи також середні значення амплітудних коефіцієнтів температуропередачі, помітно завищені амплітуди тільки у хвиль на глибинах 1,5 і 2,0 м. Також більш-менш “правильно” ведуть себе хвилі з періодом 128 діб (знову ж помітно завищена амплітуда для глибин 1,5 м). Натомість на коротших періодах часто спектральні амплітуди є “переплутані”, тобто амплітуди відповідних спектральних складових для більших глибин можуть бути вищі, ніж для менших, що суперечить причинно-наслідковим зв'язкам для кондуктивного (теплопровідного) механізму передачі тепла в масивах порід і свідчить про значний вплив флюїдного (в т. ч. конвективного) теплопереносу, тобто повністю кореспондується з висновками, які випливають з аналізу самих первинних часових рядів. Хоча, в загальному, на якісному рівні прорисований у спектрах характер загасання більш високочастотних варіацій чітко показує тенденцію до зростання загасання амплітуд високочастотних (зі зменшеними періодами) температурних хвиль (коефіцієнт температуропередачі для них помітно зменшується), що відповідає характеру та фізичним характеристикам процесу кондуктивної теплопередачі.

#### **Аналіз результатів**

Поглиблений аналіз описаних вище результатів проводився нами з врахуванням наведених у літературі ([7-12] та ін.) теоретичних закономірностей поширення температурних хвиль метеорологічного походження від поверхні вглиб масиву порід.

Як уже відзначено при аналізі спектрів зареєстрованих змін температури порід, наявність “високочастотних” (тривалістю від днів до тижнів) варіацій великої амплітуди і різких (протягом дня) перепадів температури (величиною до 3–6 °С) свідчить про значний вплив флюїдного теплопереносу, оскільки з точки зору кондуктивної передачі тепла (враховуючи малу теплопровідність гірських порід та ґрунтів (коефіцієнт температуропровідності  $\alpha=0,002$  м<sup>2</sup>/год. [11])) такі зміни на глибинах 0,5–1 м є неможливими. Власне про це свідчить також особлива інтенсивність таких варіацій для початкової (перших 3 місяці) частини ряду, поки за рахунок бокового розпору ґрунту на стінках шпура не відбулося поступове обжигання встановленого у ньому зонда [22] і таким чином значна ліквідація призондових щілин у шпурі, внаслідок цього, а також спеціального тампонування устя шпура глиняною засипкою інтенсивність проникнення у нього атомсферного повітря та дощових і приповерхневих

ґрунтових вод і, відповідно, флюїдного теплопереносу в подальшому помітно зменшилась.

На користь висновку про вплив флюїдного теплопереносу свідчить і порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних характеристик загасання з глибиною амплітуд сезонних складових. Так, за наведеними в [11] теоретичними залежностями для глибини 2,5 м для порід з коефіцієнтом температуропровідності  $\alpha=0,002$  м<sup>2</sup>/год. (практично максимально можливим для найбільш розповсюджених непорушених порід та ґрунтів) зменшення амплітуди (розмаху) сезонної хвилі мало б досягати 3-х разів, в той час, як фактично (див. рис. 2.б) воно не перевищує 2,5 рази, а для перепаду глибин 0,5-2,0 м таке зменшення амплітуд мало б наближатися до 2-х разів, а фактично воно досягає тільки 1,5 рази.

Про спричинену впливом флюїдного теплопереносу підвищену фактичну теплопередачу у шпурі свідчить також і мале (порівняно з розрахованим теоретично (2,5 місяця для глибини 2,5 м)) часове запізнення сезонної температурної хвилі (всього на 1,5 місяця) відносно хвилі на денній поверхні.

Серед інших особливостей різноглибинних температурних кривих можна відзначити помітно менше зниження температури в зимовий період за даними найбільш заглибленого (2,5 м) датчика (порівняно з розташованими вище – на глибинах 2,0 і 1,5 м датчиками), особливо виразне на трендових складових (рис. 2.а). Причиною цього, на нашу думку, може бути кращий контакт кінцевої частини зонда з породами через нижню кромку, зумовлений привантаженням за рахунок ваги самого зонда.

#### **Висновки**

Основний висновок – на досліджених порівняно невеликих (до 2,5 м) глибинах сезонна температурна хвиля має значну величину – від 20 °С на поверхні до 15 °С на глибині 1 м, і до 8–10 °С на глибині 2–2,5 м. Також значну величину – до 3–6 °С мають на цих глибинах і значно більш короткоперіодні (з періодами від днів до тижнів) температурні варіації, особливо в умовах інтенсивного флюїдного теплопереносу. Такі характеристики температурного режиму порід та ґрунтів мають принципове значення при розв'язанні перелічених вище задач геофізики, метеорології, геодезії, дистанційного зондування Землі, сільського господарства, будівництва та інших галузей людської діяльності.

Щодо основних для нас задач підвищення якості геофізичного моніторингу геодинамічних процесів, то виявлені закономірності поширення метеотемпературних полів у масивах порід дозволяють зробити висновок, що високоякісний моніторинг змін метеофакторів (в першу

чергу температури повітря та земної поверхні) та спричинених ними відпо-відних змін термо- та гідрорежиму приповерх-невих шарів ґрунтів та порід здатен забезпечити без великих фінансових, матеріальних та інших затрат на облаштування пунктів геодинамічних спостережень і застосування спеціальних дороговартісних методик досліджень та відповідних апаратних комплексів значне (навіть на порядки) підвищення реальної чутливості геофізичних спостережень до ендегенних змін геофізичних полів, спричинених геодинамічними процесами на досліджуваних об'єктах і територіях, детальне якісне і кількісне вивчення відомих та виявлення і дослідження нових малоамплітудних (в тому числі нелінійно-параметричних) геофізичних ефектів та явищ, чітку ідентифікацію природних геофізичних аномалій глибинного походження та провісників катастрофічних геодинамічних явищ, і тим самим недопущення “хибної тривоги” або “пропуску цілі” (провісника) при проведенні сейсмопрогностичних досліджень чи моніторингу інших природних та техногенних геодинамічних процесів і прогнозуванні геодинамічних катастроф.

Визначено також необхідність детального дослідження в кожному пункті спостережень поряд з дослідженням температурних процесів (температури повітря ззовні і в підземних камерах, температури порід – на глибинах 10, 20 і 50 см., 1 і 2 м. та в підземних камерах (в різних точках)) також варіацій атмосферного тиску, кількості опадів та рівня ґрунтових вод, оскільки вплив всіх цих факторів є не адитивним (з просумовуванням окремих ефектів), а мультиплікативним (з взаємодією ефектів), причому коефіцієнти взаємодії є змінними в просторі, в часі, і в залежності від величини кожного з факторів-завад величинами. І оскільки геофізичні дослідження розвиваються в напрямку вивчення все більш малоамплітудних ефектів та короткоперіодних варіацій досліджуваних параметрів, відповідно до цього необхідно забезпечити адекватне вивчення варіацій метеопараметрів (вимірювання поточних величин метеопараметрів з роздільною здатністю в 1 і навіть 0,1% від максимально можливих амплітуд варіацій і з частотою, в 5–10 разів вищою від мінімальних досліджуваних періодів таких варіацій).

Результати поданого у даній роботі аналізу будуть використані для дослідження особливостей метеотемпературних впливів на конкретних РГС, зокрема, на РГС “Берегове” у Закарпатті (де проводяться деформографічні спостереження), та на інших пунктах спостережень для розробки на основі вивчених закономірностей і подальшої реалізації комплексу організаційних, методичних, апаратних, програмних та інших заходів для нівелювання і редукції

впливу метеотемпературних полів на результати режимних геофізичних спостережень.

На основі проведеного аналізу можна також зробити певні оцінки стосовно деяких задач геодезії та будівництва, пов'язаних у першому випадку зі стійкістю глибинних реперів, а в другому – з особливостями поведінки фундаментів споруд при сезонних змінах температури верхніх шарів ґрунтів та порід. При вказаних вище параметрах сезонної температурної хвилі (20 °С на поверхні, 15 °С на глибині 1 м і 8–10 °С на глибині 2–2,5 м) і відомому температурному коефіцієнті розширення бетону ( $12 \pm 2 \times 10^{-6}$  од./°С [23]) вертикальні сезонні зміщення базової верхньої кромки 2,5-метрового бетонного глибинного геодезичного репера відносно його нижньої кромки (основи) складатимуть близько 0,45±0,1 мм, а короткоперіодні (з періодами від днів до тижнів) зміщення цієї кромки можуть становити до 0,15±0,05 мм (при амплітудах вказаних варіацій температури порід на глибині 1–1,5 м до 3–6 °С). Виходячи з наведених оцінок, температурні фактори впливу (в перерахунку на термопружні деформації будівель) слід мати на увазі також при проведенні GPS-досліджень з встановленням антен GPS-приймачів на дахах чи закріпленням їх на стінах будівель або на інших спорудах. Ці ж оцінки стосуються і термопружних деформацій бетонних фундаментів різних будівель та споруд, тобто вони є актуальними і для будівництва.

#### Література.

1. Вербицький Т.З., Назаревич А.В. Деформографічні і геоакустичні дослідження у Закарпатті / Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. За ред. В.І.Старостенка. – Київ: Наук. думка, 2005. – С. 113–131.
2. Латынина Л.А., Жаринов Н.А., Крамер М.В., Савин И.В., Широков И.А. Методические рекомендации по исследованию деформационных предвестников землетрясений. – Москва: ИФЗ АН СССР, 1988. – 81 с.
3. Назаревич А., Назаревич Л. Оптикоелектронний вимірювальний канал до кварцового деформографа // Геодинаміка. – 1999. – № 1(2). – С.116–120.
4. Вербицький Т., Гнип А., Малицький Д., Назаревич А., Вербицький Ю., Ігнатишин В., Новотна О., Нарівна М., Ярема І. Мікросейсмічні і деформаційні дослідження в Закарпатті: результати та перспективи // Геофіз. журн. – 2003. – 23, № 3. – С. 99–112.
5. Назаревич А. Деформографічні дослідження в районі м. Берегового на Закарпатті // Праці НТШ. – Львів. – 2006. – Т. XVII. Геофізика. – С. 129–139.
6. Атаманюк А.В. Тепловой режим почв Мол-

- давии / Сель. хоз-во Молдавии. – 1968. – I. – С. 29–30.
7. Фролов Н.М. Температурный режим гелио-термозоны. – М.: Недра, 1966. – 156 с.
  8. Гордиенко В.В., Завгородняя О.В. Измерение теплового потока Земли у поверхности (метод редукиции температурных волн). – Киев: Наук. думка, 1980. – 103 с.
  9. Stajniak J. Badanie ziemskiego pola cieplnego w strefie jego okresowych zmian na obszarze Polski. – Biul. Inf. Geofizyka. – 1979. – Nr. 4. – Ss. 26–70.
  10. Чекалюк Э.Б.. Термодинамика нефтяного пласта. – М.: Недра, 1965.
  11. Чекалюк Э.Б., Федоров И.М., Осадчий В.Г. Полевая геотермическая съемка. – Киев: Наук. думка, 1974. – 103 с.
  12. Гогель Ж. Геотермия. – М.: Мир, 1978. – 171 с.
  13. Кутас Р.И., Гордиенко В.В. Тепловое поле Украины. – Киев: Наук. думка, 1971. – 112 с.
  14. Кутас Р.И. Поле тепловых потоков и геотермическая модель земной коры. – Киев: Наук. думка, 1978. – 140 с.
  15. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Усенко О.В. Тепловое поле территории Украины. – Киев: Знание Украины, 2002. – 170 с.
  16. Аннюк Ф.М., Осадчий В.Г., Филлос 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.
  17. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. – М.: Энергия, 1978. – 248 с.
  18. Альтшуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г. Кварцевые генераторы: справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
  19. Горошков Б.И.. Радиотехнические устройства: справочник. – М.: Радио и связь, 1984. – 400 с.
  20. Вениаминов В.Н., Лебедев О.Н., Мирошниченко А.И. Микросхемы и их применение: справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.
  21. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
  22. 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.
  23. Гофман В.Ю. Законы, формулы, задачи физики. Справочник. – Киев: Наук. думка, 1977. – 576 с.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА  
ПРИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ  
НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ “ЛИСОВИЧИ” (ПРЕДКАРПАТЬЕ)**

**В.Г. Осадчий, А.В. Назаревич, Л.Є. Назаревич**

В работе по данным специальных полевых геотермических исследований (так называемого вертикального геотермического зондирования) на станции “Лисовичи” вблизи г. Моршина в Предкарпатье, проведенных геотермической аппаратурой с кварцевыми термочастотными датчиками, проанализированы сезонные особенности температурного режима верхних слоев горных пород и грунтов.

**Ключевые слова:** геотермические исследования; вертикальное геотермическое зондирование; геотермическая аппаратура; кварцевые термочастотные датчики; температурный режим пород.

**CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE REGIME  
OF ROCKS NEAR SURFACE LAYERS BY DATA OF RESEARCHES  
IN THE GEOPHYSICAL STATION “LYSOVYCHY” (PRECARPATHIANS)**

**V.G. Osadchuj, A.V. Nazarevych, L.Ye. Nazarevych**

In the article by data of the special fields geothermal researches (so-called vertical geothermal sounding) in the station “Lysovychy” near-by Morshyn in Precarpathians carried out by a geothermal apparatus with quartzs termofrequency sensors the seasonal peculiarities of temperature regime of rocks near surface layers and ground are analysed

**Key words:** geothermal researches; vertical geothermal sounding; geothermal apparatus; quartzs termofrequency sensors; temperature regime of rocks.

<sup>1</sup>Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів

<sup>2</sup>Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м.Львів;

<sup>3</sup>Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м.Львів.