

УДК 550.334

Д. Малицький, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.,  
В. Ігнатишин, пров. інж., Ю. Коваль, асп.

## ДЕФОРМОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЗОНІ ОАШСЬКОГО РОЗЛОМУ ЗАКАРПАТТЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РЕЖИМНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА РГС "ТРОСНИК", "КОРОЛЕВО" ТА "БЕРЕГОВО"

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводою)

*Стаття присвячена проведеним комплексним геодинамічним дослідженням на території Закарпаття в зоні Оашського розлому з використанням результатів деформографічних і комплексних геофізичних спостережень, виконаних на режимних геофізичних станціях та пунктах деформографічних спостережень, що дозволило спостерігати та вивчати сучасні геодинамічні процеси та зміни геофізичних параметрів в періоди сейсмічної активізації регіону, узагальнити та систематизувати банк даних деформометричних, метеорологічних, гідрогеологічних та моніторингових геофізичних досліджень, провести обробку і аналіз отриманої інформації.*

*The paper focuses on complex geodynamic investigations in the zone of Oash fault based on the results of strain-metering and other complex geophysical observations conducted at permanent geophysical observatories and points of strain-metering observations, which enabled to monitor and study recent geodynamic processes and changes of geophysical parameters during the periods of seismic activation in the region, to generalize and systematize the databases of strain-metering, meteorological, hydrogeological and other geophysical observations, and to conduct processing and analysis of the acquired information.*

**Вступ.** Геофізичні спостереження на Закарпатті проводяться з середини 70-х років минулого століття на режимних геофізичних станціях. Важливе місце серед них займають режимна геофізична станція "Тросник" ім. Т.З. Вербицького та пункт деформометричних спостережень "Королево", які розміщені у Виноградівському районі (с. Тросник, смт. Королево). Під керівництвом канд. геол.-мінералог. наук Вербицького Тараса Зиновієвича, на режимних геофізичних станціях (РГС) "Тросник", "Берегово", "Нижне-Селище", "Мукачево", "Королево", "Брід", "Буштино", "Мужієво" організовано комплексні спостереження геофізичних параметрів: метеорологічних, гідрогеологічних, магнітного поля Землі, електромагнітної емісії. На даних пунктах встановлено цифрові сейсмічні станції DAS-05, вимірюється рівень води в річці Тиса, реєструється потужність експозиційної дози йонізуючого випромінювання. На РГС "Королево" ведуться деформаційні спостереження за допомогою горизонтального кварцового деформографа. Результати обробки даних безперервних спостережень націлені на вивчення геофізичних процесів у Закарпатті, так як для даного регіону характерна підвищена сейсмічна активність. Сейсмічні події, які відбулися 14 грудня 2010 р., 10 серпня 2011 р. у Берегівському (10.08.2011 р.) та 2 жовтня 2011 р. Міжгірському районах Закарпаття підтверджують необхідність подальшого вивчення будови земної кори та процесів, що проходять у ній.

**Аналіз досліджень сучасного геодинамічного стану в Закарпатті.** Морфоструктури Закарпатського внутрішнього прогину відносяться до підзони знакових високонтрастних вертикальних рухів земної кори, які проявлялися в неогені-четвертинному періоді. Для зони Закарпатського розлому та Солотвинської западини, зокрема зони Оашського розлому, характерні підвищені значення середніх градієнтів швидкостей неотектонічних рухів земної кори – понад  $0.7 \times 10^{-3}$  см/км/р. За даними вертикальних зміщень перманентних GPS станцій значення швидкостей знаходяться у межах від  $-2$  до  $+5$  мм/р, а градієнтів від  $-15$  до  $+30 \times 10^{-8}$  за рік [1]. Абсолютні значення швидкостей деформації збігаються з інтенсивністю деформаційних процесів, визначених в інших гірських регіонах Європи.

За основу геологічної будови Карпат взято геосейсмічну модель земної кори в межах від Хмельницької області до Берегового на Закарпатті, частини Угорщини. Українські дослідники вважають, що занурення в зону субдукції відбувалося з боку Паннонського масиву [2].

Важливе значення для розуміння геодинаміки Карпат має Закарпатський прогин, який почав формуватися

в палеогені в результаті колізії континентальної Євразійської плити з континентальною Паннонською мікроплитою на ложе останньої [1-4]. Зіткнення континентів привело до пологого занурення Євразійської плити під Паннонську мікроплиту. Відклади неогену Закарпатського прогину формувалися в умовах розтягнення з одночасним стисненням в орогенній області. Тут в палеогені – неогені проходила інтенсивна інтрузивна та ефузивна вулканічна діяльність. Післяорогенний магматизм яскраво виражений Вигорлат–Гутинським вулканічним пасмом, яке простягається від північно-східного схилу Закарпатського прогину (кордон зі Словаччиною) до м. Хуст, де простягання змінюється на меридіональне і продовжується на території Румунії. Пасмо складено андезито-базальтами, базальтами і кислими диференціатами. Ці вулканічні породи формувалися у пліоцені в умовах острівних дуг. Територія, де проводяться деформаційні спостереження, характеризується наявністю інтрузії, що пов'язано з синорогенним магматизмом.

**Деформографічні спостереження в Закарпатті.** Для вивчення геодинаміки східної зони Закарпатського внутрішнього прогину була створена деформографічна станція. Вона розмістилася в штольні пункту деформографічних спостережень "Королево". Штольня знаходиться на східному підніжжі Замкової гори в смт. Королево Виноградівського району Закарпатської області. Відстань до станції „Берегово-2" становить 37 км у напрямку південного сходу. Основною задачею для даних станцій є дослідження геодинамічних процесів, які відбуваються у зоні Оашського глибинного розлому, Вигорлат–Гутинського вулканічного пасма, яке утворилося в результаті інтенсивного орогенного вулканізму. Оашський глибинний розлом утворився в неоген-четвертинний час. РГС "Королево" змонтовано в 1999 р. База приладу становить 24.5 м, азимут –  $80^\circ$ , оптичний важіль дорівнює 1635 мм. Підсилення приладу становить 5.63 нстр (нанострейн) на 1 мм фотозапису деформографа. Реєстрація ведеться на фотопapіp. Паралельно ведеться запис температури приміщення штольні та атмосферного тиску. За період із 1999 р по 2001 р на РГС "Королево" зареєстровано розширення гірської породи. Підраховано, що за період близько 700 днів гірські породи зазнали розширення на величину  $+140 \times 10^{-7}$  м впродовж року. Швидкість деформації за даний період є постійною і дорівнює  $70 \times 10^{-7}$  м/р. Значення деформацій зростає, так як область Вигорлат–Гутинського пасма на даний час є однією із найбільш тектонічно-активних в Паннонському басейні.

Підрахунок вікового ходу деформацій за 2011 р. дає підстави вважати, що в зоні Оашського розлому продовжується розширення порід. Швидкість розширення становить  $15.032 \cdot 10^{-7}$  м/р. Варіація температури в штольні становить  $2^{\circ}\text{C}$ . Місячний аналіз деформацій і прив'язка їх до місцевих землетрусів приводить до висновку, що Берегівський землетрус 10.08.2011 р. і Міжгірський землетрус 02.10.2011 р. відбулися при стисненні і інтенсивному розширенні гірських порід відповідно.

**Характеристика рухів земної кори на РГС "Королево" за період спостережень 1999–2012 рр.** У табл. 1 показано вікові ходи деформацій за період з 1999 р по 2012 р.

Таблиця 1

Вікові ходи деформацій за період із 1999 р. по 2012 р.

Рік	Віковий хід $\cdot 10^{-7}$ м	Рік	Віковий хід $\cdot 10^{-7}$ м
1999	13,46	2006	5,15
2000	25,4	2007	15
2001	30,51	2008	21,53
2002	-12,66	2009	6,05
2003	3,8	2010	19,47
2004	6,5	2011	15,03
2005	31,8	2012	-16,27

Перші чотири місяці деформаційних спостереження показують, що відбувається стиск гірських порід із швидкістю  $-16.27 \cdot 10^{-7}$  м/р. Як видно із рис. 1, дана величина є більшою за аналогічний період вимірювання минулих років. Графіки на представленому рисунку показують, що огинаючий тренд має нахил до спаду і ймовірно віковий хід на пункті спостережень матиме меншу амплітуду коливань. Віковий хід деформаційних процесів за весь період спостережень становить  $+165.69 \cdot 10^{-7}$  м. Таким чином, середьорічний віковий хід становить  $+12.74 \cdot 10^{-7}$  м. Ця величина знаходиться в інтервалі вікових рухів у регіоні і дорівнює  $10-30 \cdot 10^{-7}$  м. На рис. 2 наведено графік деформацій за весь період спостережень з 1999 р. по 2012 р.

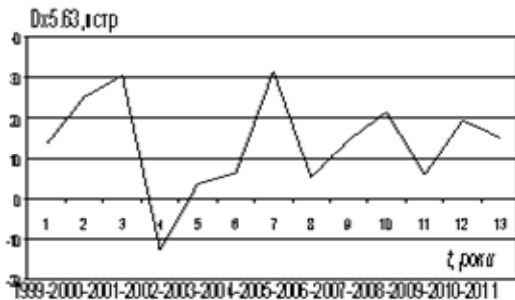


Рис. 1. Графік залежності величини вікового ходу деформацій на РГС "Королево" за період 1999-2011 рр

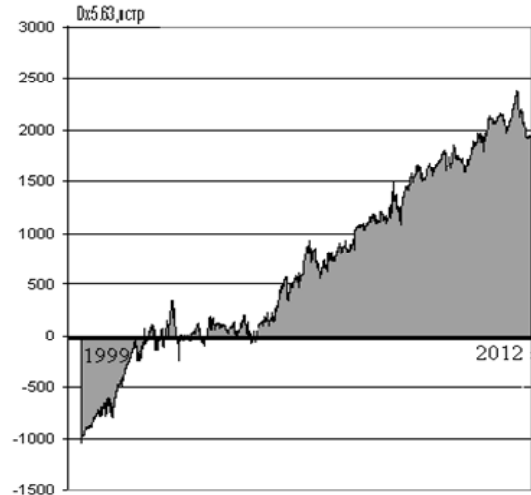


Рис. 2. Деформаційні процеси зареєстровані на РГС "Королево" за період 1999–2012 рр.

Комплексний аналіз геодинамічних спостережень на РГС "Тросник" та "Королево". Відомо, що опади викликають варіації таких фізичних параметрів: рівня води в свердловинах (водонасиченість ґрунту) та рівня води в річках. Вивчення коливання рівня води в річці Тиса, яка протікає біля РГС "Тросник" показало, що підняття води (збільшення маси протікаючої рідини) викликає локальні збурення на деформограмах. Тривалість таких збурень є в межах однієї або двох діб. Зміни температури повітря в регіоні корелюються із локальними деформаціями земної кори.

• На рис. 3 наведено графік параметрів досліджуваних геофізичних полів у досліджуваному регіоні Закарпаття, який пояснює взаємозв'язок таких геофізичних параметрів: деформацій земної кори, добових деформацій, рівня води у двох свердловинах (глибиною 530 м і 8 м відповідно), величин опадів, варіації середньодобових значень температури повітря, зміну атмосферного тиску, рівня води в річці Тиса, середньодобової величини електромагнітної емісії та середньодобових значень потужності експозиційної дози іонізуючого випромінювання.

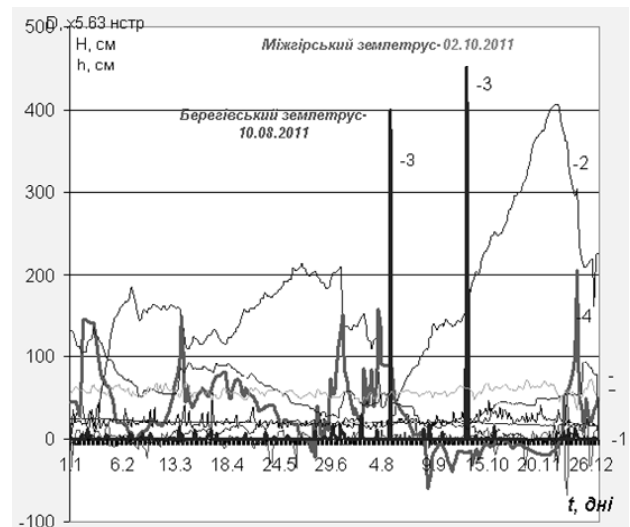


Рис. 3. Комплексний аналіз деформаційних, метеорологічних та гідрологічних параметрів, зареєстрованих на РГС "Тросник" та "Королево" у 2011 р:  
 1 – добові деформації; 2 – зміщення точки спостережень;  
 3 – місцеві землетруси; 4 – рівень води в річці Тисі;  
 5 – рівень води в свердловині на РГС "Тросник"

За аналізом параметрів на рис. 3 зроблено такі висновки:

- характер руху земної кори на РГС „Королево” має тенденцію до розширення порід;
- метеорологічні параметри, зокрема температура повітря на віковий хід деформографа суттєвого впливу немає, в той же час спостережено їх помітний вплив на короткоперіодні деформації: добові, місячні півмісячні, сезонні;
- дослідження показали, що середньорічна температура на РГС "Королево" має період 5-6 років і характеризується тенденцією до спаду. Можна вважати, що температурний режим має безпосередній зв'язок із геодинамічними процесами всередині Землі, земної кори, гідросфери та атмосфери;
- атмосферний тиск не має впливу на деформації річного циклу, але, подібно до температури, спостережено його вплив на короткоперіодні деформації;
- відмічено очевидний вплив опадів, які викликають підняття води в свердловинах і в р. Тиса;
- рівень води в свердловинах коливається відповідно до процесів деформації, рівень води в глибокій свердловині корелюється із віковим ходом деформації в регіоні;
- величина опадів за 2011 р є незначною (близько 380 мм), що впливає на протікання геодинамічних процесів у досліджуваному регіоні. Це пояснюється тим, що опади мають стримуючий вплив на рухи земної кори і викликають спочатку розширення, а потім стиснення порід. Отже, проходить процес розширення порід, який становить  $15 \times 10^{-7}$  м.

УДК 551.31+634.2

К. Бондар, канд. геол. наук

## ГЕОФІЗИЧНІ МЕТОДИ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПРИРОДНИМИ ТА ІСТОРИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. наук співроб. М.І. Орлюком)

*Проаналізовано інформативність польових і лабораторних геофізичних методів при вивченні змін природного середовища та еволюції просторових структур археологічних пам'яток. Оглянуті шляхи пошуку загальних закономірностей та взаємозв'язків між природними та історичними процесами. Запропонований оптимальний геофізичний комплекс, який пропонується впровадити для вивчення перетворень просторових археологічних структур та палеокліматичних режимів в окремих мікрорегіонах.*

*This paper analyzes informativity of field and laboratory geophysical methods in the study of environmental change and evolution of spatial structures of archaeological monuments. The ways to find common patterns and interrelation links between the natural and historical processes are explored. The optimum geophysical complex, which is offered to study spatial transformation of archaeological structures and palaeoclimatic regimes in selected microregions is proposed.*

**Вступ.** Археологія вивчає і пояснює культурну еволюцію людства на протязі довготривалих періодів часу у значній мірі спираючись на дані спеціальних досліджень методами природничих наук. Одною з ключових причин трансформацій культури виступає мінливість природного середовища. Різні культури адаптуються до довкілля за допомогою технологій, тому моделі технологічних підсистем дозволяють археологам отримувати порівняно повну картину культурної системи як такої.

У рамках системно-екологічного підходу людські культури розглядаються як складні агломерати таких компонентів, як технології, стратегії існування, соціальна організація, які взаємодіють між собою і з більш глобальними системами оточуючого середовища, частиною яких вони є [7;11].

При з'ясуванні просторових відносин археологи визначають яким чином залишки матеріальної культури групуються в рамках певного ландшафту і відображують взаємодію з довкіллям, що постійно змінюється. Просторовий контекст є важливим для наукової археології.

**Висновки.** Аналіз деформографічних спостережень на РГС "Берегово" показує, що швидкості горизонтальних деформацій земної кори є різними для досліджуваних регіонів. Інтенсивне стиснення проходить у напрямку, близькому до широтного, а слабе розширення – у напрямку близькому до меридіонального.

У Східній частині Закарпатського прогину поблизу Оашського розлому на РГС "Королево" зафіксовано розширення порід в широтному напрямку. Все це відповідає геологічним та геодезичним даним про розкриття Закарпатського внутрішнього прогину. Характер швидкостей вікового ходу за 13 років спостережень є незмінним (розширення порід в широтному напрямку). Порівняння часу виникнення землетрусу із варіаціями коливань земної кори показало, що частота протікання землетрусів не залежить від характеру кривої деформації.

У 2011 р опади суттєво впливали на розрядку напружено-деформованого стану порід, що можна трактувати як спусковий механізм до розрядки напружень в земній корі.

1. Вербицький Т., Ігнатишин В., Латыніна Л., Юркевич Н. Сучасні деформації земної кори Берегівської горстової зони // Геодинаміка. – 1998. – № 1. – С. 118-120.
2. Гофштейн І.Д., Сомов В.І., Кузнецова В.Г. Вивчення сучасних рухів земної кори в Карпатах. – К., 1971.
3. Латыніна Л.А., Вербицький Т.З., Ігнатишин В.В. О деформационных процессах в Северо-Восточной части Карпато-Балканского региона // Физика Земли. – 1995. – № 4. – С. 3-16.
4. Латыніна Л.А., Милуков В.К., Васильев И.М. Сильнейшие землетрясения и глобальные тектонические процессы // Наука и технология России. – 2005. – № 1-2. – С. 4-6.

Надійшла до редколегії 01.11.12

**Постановка завдання.** До порівняно молодих змін природного середовища відноситься не лише кліматична мінливість і пов'язані з нею процеси (зміни рослинного покриву, зволоженості, температурного режиму тощо), а й процеси, що призводять до змін рельєфу (формування річкових заплав і розвиток молодих терас, зсувні явища на схилах і обвальні в гірських районах, карстові процеси, ерозійні явища тощо).

Носіями палеокліматичних записів виступають, насамперед, ґрунти і відклади, які містять ґрунтовий матеріал, наприклад, відклади привітряних залів печер. Для дослідження рельєфоутворюючих процесів і еволюції ландшафтів в цілому, першочергове значення мають потужності окремих шарів відкладів верхньої частини геологічного розрізу.

Відповідно, дослідження кліматичних змін у середньому і пізньому голоцені в основному зводяться до вивчення палеопедагогічних та геофізичних властивостей зразків ґрунтів. Динаміку ландшафоутворюючих процесів доцільно вивчати методами польової геофізики.