

УДК 550.34(477.87)

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-3-6>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ТА ПОЛЯ ДЕФОРМАЦІЙ У СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНИХ РЕГІОНАХ

Ігнатишин Василь Васильович

кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
Відділу сейсмічності Карпатського регіону,
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України;
доцент кафедри географії та туризму,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0003-0727-2132

Малицький Дмитро Васильович

доктор фізико-математичних наук,
професор Карпатського відділення,
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України
ORCID ID: 0000-0002-9156-739x

Іжак Тібор Йосипович

кандидат географічних наук, PhD, доцент,
доцент кафедри географії та туризму,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0002-0940-8947

Молнар Д Стефан Стефанович

PhD, доцент, доцент кафедри географії та туризму,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136

Рац Адальберт Йосипович

PhD, доцент, доцент кафедри історії та суспільних наук,
проректор із навчально-методичної роботи,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0003-3780-2843

Ігнатишин Адальберт Васильович

інженер Відділу сейсмічності Карпатського регіону,
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України
ORCID ID: 0009-0005-0393-572X

***Актуальність дослідження:** на території Закарпаття та прилеглих регіонах сусідніх країн можливі сильні землетруси, імовірність яких зростає з часом. Проведення наукових досліджень геофізичних процесів у регіоні є важливим для вивчення геодинаміки регіону та місцевої сейсмічності, зростання якої може викликати погіршення екологічного стану регіону. **Предметом дослідження** є варіації магнітного поля Землі та сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оаиського глибинного розлому, їхніх динамічних характеристик, вивчення взаємозв'язків та перспектив подальших наукових досліджень. **Мета дослідження:** вивчення взаємозв'язків геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землі та поля деформацій у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. **Об'єктом дослідження** є екологічний та геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за 2023 р. **Методологія дослідження:** методи аналізу та синтезу, наукового узагальнення, порівняння, кореляційний аналіз рядів спостережень. **Результати дослідження:** показано, що інтенсивні горизонтальні зміщення земної кори супроводжуються динамічними змінами*

вектора індукції магнітного поля Землі, що є важливим чинником для підготовки моделі сейсмотектонічних процесів у регіоні. **Практичне значення:** отримані результати важливі для вдосконалення методів дослідження геофізичних полів, поповнення банку даних моніторингу геодинамічного стану регіону. **Висновки:** досліджено зв'язок магнітного поля Землі в точці спостережень із сучасними горизонтальними рухами кори. Відзначено взаємозв'язок між динамічними характеристиками геофізичних полів та вплив фізичних характеристик гірських порід на варіацію магнітної індукції. **Перспектива подальших досліджень.** Важливим є розширення спектру досліджуваних параметрів та географії дослідження. Розроблені методики дослідження можуть бути запропоновані для розв'язання завдань науково-дослідницького характеру, які виконуватимуться на базі гуртків позашкільної освіти.

Ключові слова: геодинамічний стан, магнітне поле Землі, сучасні горизонтальні рухи кори, Закарпатський внутрішній прогин, сейсмотектонічні процеси, магнітна індукція.

STUDY OF CHANGES IN MAGNETIC FIELD PARAMETERS AND DEFORMATION FIELDS IN SEISMIC-HAZARDOUS REGIONS

Ihnatyshyn Vasyl Vasylovych

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Senior Research Fellow, Department of Seismicity of the Carpathian region,
S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Associate Professor at the Department of Geography and Tourism,
Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-0727-2132

Malytskyi Dmytro Vasylovych

DSc (Phys. & Math.), Prof. Carpathian Branch,
S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-9156-739x

Izhak Tibor Yosypovych

Candidate of Geographical Sciences, PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Geography and Tourism,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-0940-8947

Molnar D Stefan Stefanovych

PhD, docent, Associate Professor at the Department of Geography and Tourism,
Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136

Rats Adalbert Yosypovych

PhD, Associate Professor, Department of History and Social Sciences,
Vice-Rector for Academic Affairs and Education,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3780-2843

Ihnatyshyn Adalbert Vasylovych

Engineer of the Department of Seismicity of the Carpathian region,
S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
ORCID ID: 0009-0005-0393-572X

The relevance of the study: on the territory of Transcarpathia and adjacent regions of neighboring countries, strong earthquakes are possible, the probability of which increases with time. Conducting scientific research on geophysical processes in the region is important for the study of geodynamics of the region and local seismicity, the growth of which can cause deterioration of the ecological condition of the region. The subject of the research is variations of the Earth's magnetic field and modern horizontal movements of the crust in the zone of the Oash

deep fault, their dynamic characteristics, the study of their interrelationships and prospects for further scientific research. **The purpose of the research:** to study the interrelationships of geophysical fields, in particular the Earth's magnetic field and the field of deformations in the central part of the Transcarpathian internal depression. The object of the study is the ecological and geodynamic state of the Transcarpathian internal depression for the year 2023. **Research methodology:** methods of analysis and synthesis, scientific generalization, comparison, correlation analysis of series of observations. **Research results:** it is shown that intense horizontal displacements of the Earth's crust are accompanied by dynamic changes in the induction vector of the Earth's magnetic field, which is an important factor for preparing a model of seismotectonic processes in the region. **Practical significance:** the obtained results are important for the improvement of geophysical field research methods, replenishment of the data bank for monitoring the geodynamic state of the region. **Conclusions:** the relationship between the Earth's magnetic field at the point of observation and the modern horizontal movements of the crust was investigated. The relationship between the dynamic characteristics of geophysical fields and the influence of the physical characteristics of rocks on the variation of magnetic induction is noted. **Prospects for further research.** It is important to expand the range of studied parameters and research geography. The developed research methods can be proposed for solving scientific and research problems, which are performed on the basis of extracurricular education groups.

Key words: geodynamic state, Earth's magnetic field, modern horizontal movements of the crust, Transcarpathian internal depression, seismotectonic processes, magnetic induction.

Постановка проблеми. Закарпатський внутрішній прогин – сейсмонебезпечна територія, яка характеризується порівняно з іншими регіонами України підвищеною сейсмічною активністю. На території Закарпаття та прилеглих регіонах сусідніх країн можливі сильні землетруси інтенсивністю до 8 балів згідно із сейсмічним районуванням території України. Землетруси відбуваються з певною періодичністю, залежно від їх енергетичного класу. Імовірність сильного місцевого землетрусу зростає з часом, і необхідно проводити наукові дослідження геодинамічних та інших геофізичних процесів у регіоні з метою вивчення картини підготовки та прояву місцевої сейсмічності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню процесів, що стосуються сейсмонебезпечних явищ, приділено значну увагу. У [1] розглянуто методику визначення деформаційних характеристик шарів розрахункових моделей ґрунтової товщі для еквівалентного лінійного і нелінійного моделювання її реакції на сейсмічні впливи. У роботі [2] уперше визначено 20 механізмів вогнищ місцевих землетрусів у Закарпатті, що становить дуже важливу передумову для подальших геодинамічних побудов. У [3] розглянуто методики визначення магнітного поля літосфери, проблеми його виділення та інтерпретації, коротко проаналізовано методи моделювання регіональних магнітних тіл. Розвиваються нові напрями наукових досліджень, зокрема моделювання геоло-

гічних процесів і структур, геолого-фізичне моделювання стану складних природно-техногенних систем (ПТС) із використанням методів геологічного та тектоно-фізичного аналізу [4]. У [5] представлено результати вивчення розподілу карбонатів і визначення їх кількості у флішових породах Кросненської зони (Українські Карпати). Геомагнітне поле широко застосовується для отримання інформації щодо глибинної будови та розвитку літосфери Землі, дрібномасштабного прогнозування корисних копалин, а також вирішення низки екологічних завдань [6]. Визначення критичних деформацій для швидкостей поздовжніх і поперечних хвиль дасть змогу запропонувати диференційні критерії щодо розподілу пружних параметрів у теоретичних моделях Землі загалом і окремо у її різних структурних елементах [7]. У [8] показано, що низькоомні аномалії приурочені до протяжних смуг і областей поширення графітованих порід і зон метасоматозу вздовж зон розломів. Показано, що під час виділення підземних водних масивів обов'язково слід урахувувати існуючу гідрогеологічну стратифікацію, особливості умов вертикального і горизонтального водообміну на території [9]. Існуюча система моніторингу не забезпечує можливості проведення систематичних перевірок територій із метою відшукування теплових аномалій, які можуть негативно вплинути на екологію міського середовища та здоров'я населення [10]. Під регіональною геологічною моделлю у статті [11] розу-

міють цифрову модель великої геологічної структури, до якої входять локальні об'єкти, які є її складовими частинами, що утворюють структури вищих порядків. У [12] розроблено нову технологію виявлення глинистих гірських порід із високою пористістю за сейсмічними та свердловинними даними, яка дає змогу побудувати тривимірні розподіли значень пористості. Дослідження ролі магнетотактичних бактерій у формуванні магнетизму ґрунтів є важливим у контексті вивчення незабруднених та незмінених фонових ґрунтових покривів [13]. У [14] показано, що петрофізичні параметри гірських порід можна визначити за допомогою комбінування вимірюваних параметрів із використанням низки апріорних даних, що дає змогу визначити: параметри густини, параметри глинистості, пористість, об'ємний вологовміст, рівень ґрунтових вод та ін. У [15] наведено взаємозв'язки фізичних та петрофізичних параметрів між ядерно-магнітними характеристиками порід-колекторів неогенових відкладів Більче-Волицької зони. Результати дослідження геодинамічного, сейсмічного станів сейсмонебезпечних станів, показані у [16], указали на кореляцію їх у зонах субдукції. У [17] розглянуто зв'язок метеорологічних параметрів, зокрема температури та вологості повітря, із геологічними процесами, які відбуваються на теренах Закарпаття, відзначено суттєву кореляцію спостережуваних рядів параметрів геофізичних полів. Також було встановлено зв'язок параметрів радіоактивного фону середовища з геодинамічними процесами у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину [18]. Представлено особливості відображення тектонічної будови, літологічного складу в гравімагнітних полях регіонального масштабу, що є важливим для прогнозування розвитку зсувів на територіях зі спорідненими структурно-тектонічними умовами [19].

Завдання роботи полягає в аналізі варіацій вектора індукції магнітного поля Землі у центральній частині Закарпаття, вивченні характеру сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, порівнянні

їхніх кінематичних характеристик, ступеню кореляції та їхніх взаємозв'язків за 2023 р.

Мета дослідження. Вивчення взаємозв'язків геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землі та поля деформацій, у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Предметом дослідження є варіації магнітного поля Землі, сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, їхніх динамічних характеристик, вивчення взаємозв'язків та перспектив подальших наукових досліджень; розрахунок кореляційних коефіцієнтів рядів параметрів геофізичних полів.

Основний матеріал. Параметри магнітного поля, яке найбільш досліджене, спостерігали за допомогою магнітометрів МВ-01, Лемі-0917, змонтованих на режимній геофізичній станції «Тросник» ім. Т.З. Вербицького, розташованій у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (рис. 1).

Магнітометр працює у режимі опитування з періодом 10 хв. Результати зберігаються у пам'яті і зчитуються у спеціальні таблиці, які вивчаються у центрі обробки геофізичної інформації. Магнітне поле, виміряне на РГС «Тросник», від початку до кінця січня 2023 р. збільшилося на 37 нТл (рис. 2а). Виділено періоди тривалістю від 1-ї до 3-х діб зі зміною амплітуди від 30 до 99 нстр. Із метою визначення динаміки зміни магнітного поля Землі розраховано швидкість зміни магнітного поля Землі та побудовано графік залежності від часу (рис. 2б). На фоні 1–3-денних варіацій магнітного поля виділяються групі коливання з періодом 5–6 діб.

На пункті деформометричних спостережень проведено вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2023 р. Побудовано часовий розподіл зміщень точки спостережень під час рухів кори та швидкостей рухів за січень 2023 р. (рис. 3а, б).

Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2023 р. представлені переважно лінійним розширенням порід величиною +332 нстр (нанострейн,

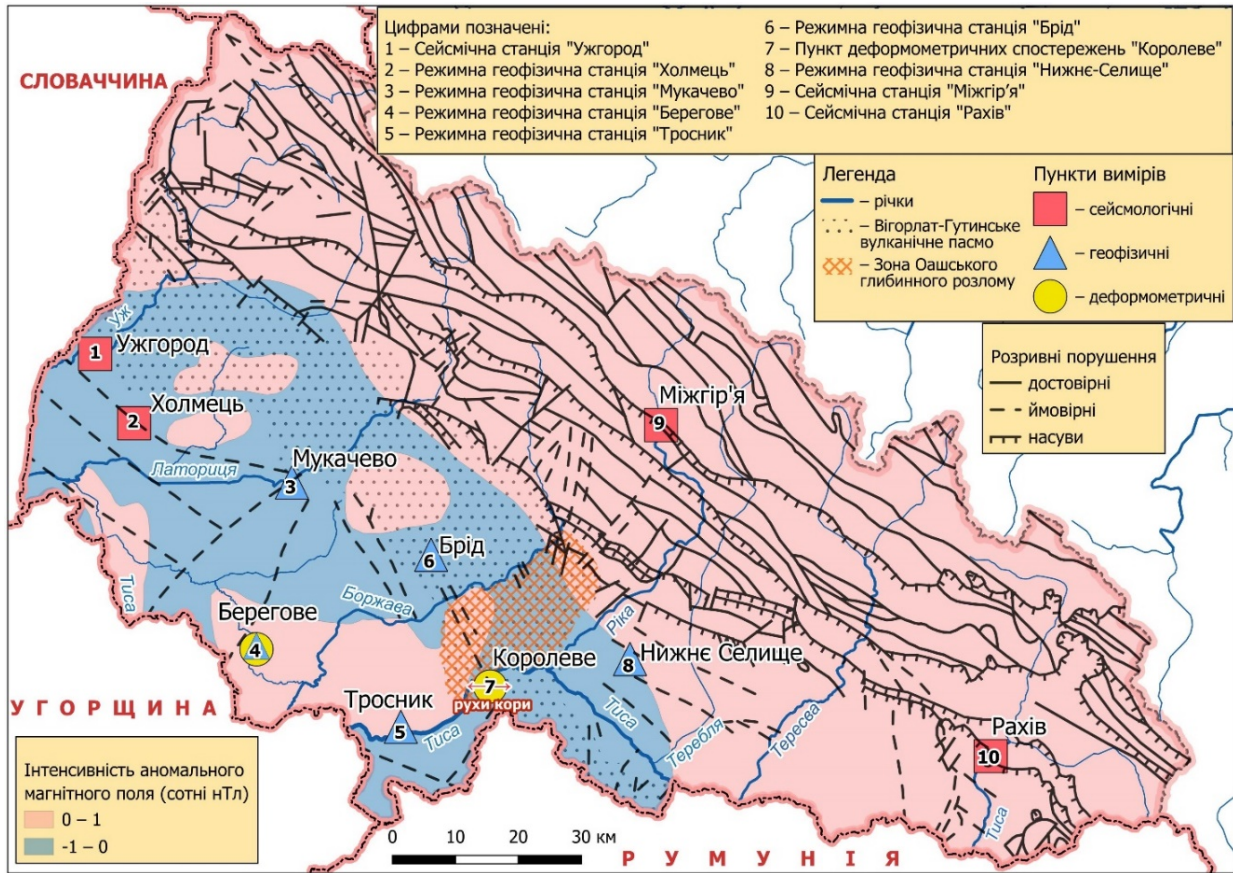


Рис. 1. Режимні геофізичні спостереження на території Закарпатського внутрішнього прогину, магнітне поле Землі [20]

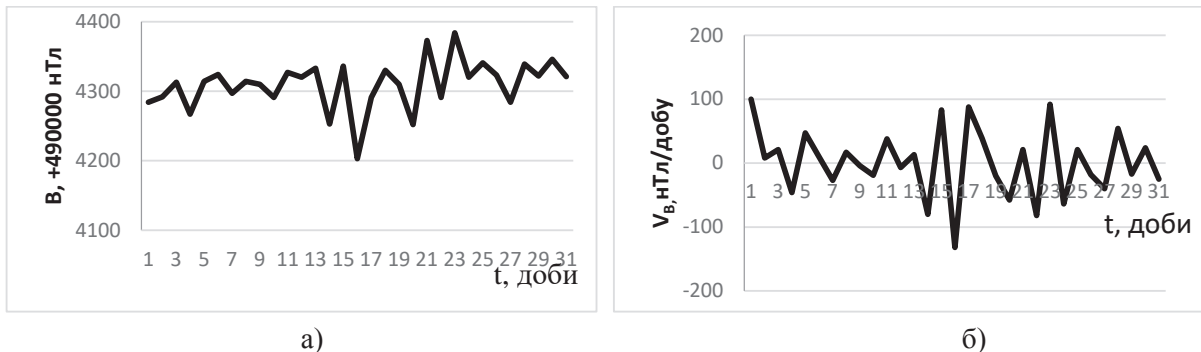
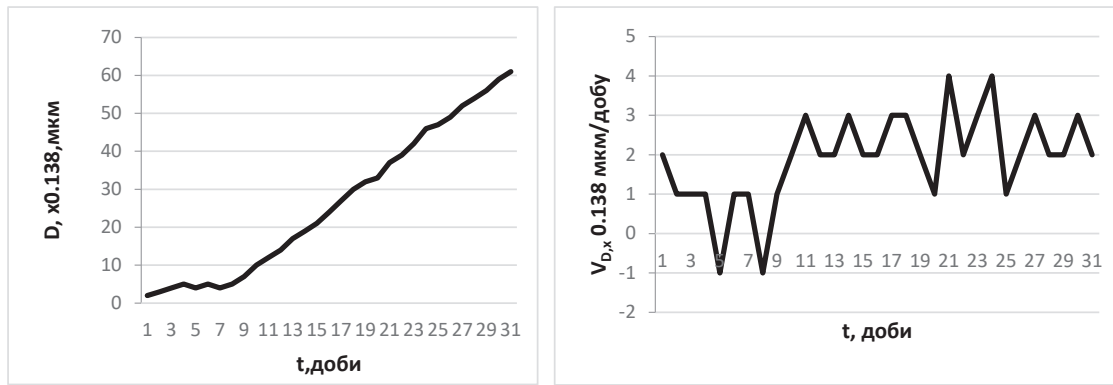


Рис. 2. а) – магнітне поле, виміряне на РГС «Тросник» у січні 2023 р.; б) – динаміка зміни магнітного поля Землі на РГС «Тросник» у січні 2023 р.

одинаця вимірювання зміщення земної кори, якою користуються під час деформометричних вимірювань, $1 \text{ нстр} = 10^{-9} \text{ м}$), виділяється період слабких рухів за перший тиждень місяця. Розраховано та показано результати варіацій швидкості рухів кори за досліджуваний період, оскільки вивчення варіацій швидкостей рухів вказує на особливості геодинаміки регіону. Швидкість рухів кори в зоні

Оашського глибинного розлому змінюється з періодом 3–4 доби та амплітудою 0.2 мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$). Важливою кінематичною характеристикою рухів верхніх шарів земної кори є прискорення геомеханічних рухів. Проведено дослідження зв'язків динаміки сучасних рухів кори та магнітного поля Землі (рис. 4).

Аналіз вищенаведеного графіку вказує на особливості зв'язку параметрів геофізичних



а)

б)

Рис. 3. а) – сучасні горизонтальні рухи кори в січні 2023 р. Закарпатський внутрішній прогин. Зона Оашського глибинного розлому; б) – швидкість сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2023 р.

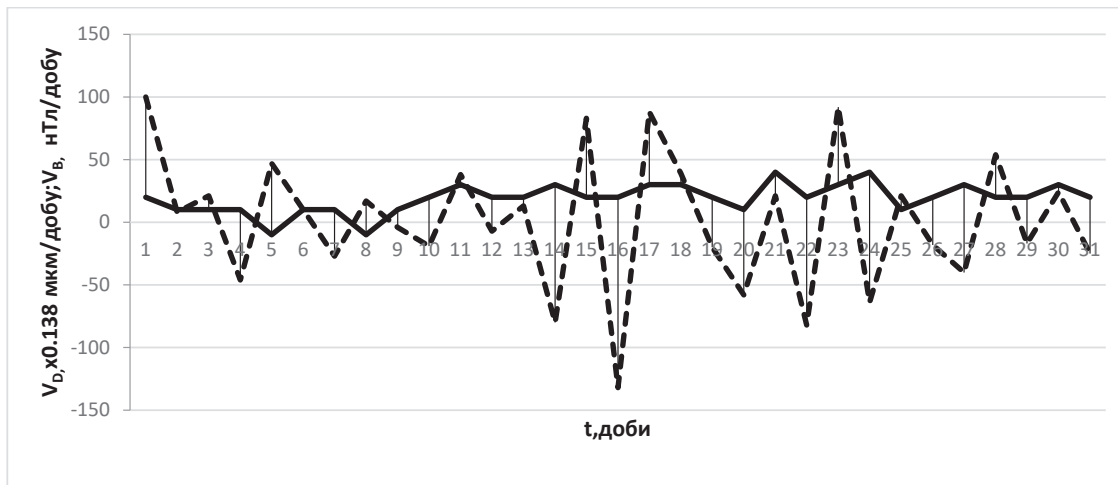


Рис. 4. Динаміка рухів кори (крива чорного кольору), динаміка вектора індукції магнітного поля Землі (пунктирна крива). Січень 2024 р. Закарпатський внутрішній прогин

полів. Графіки динамічних параметрів обох геофізичних полів корелюються, величина кореляції дорівнює 0,5. Оскільки геомеханічні процеси визначають параметри геофізичних полів, то важливо визначити їх зміни в певних інтервалах часу. Відзначено, що стиснення порід відповідає збільшенню вектора магнітної індукції магнітного поля Землі та видно динамічний зв'язок параметрів геофізичних полів, тобто будь-яка інтенсивна зміна фізичних величин супроводжує інтенсивні зміни параметрів геодинамічного стану. Таким чином, інтенсивні рухи горизонтальних зміщень земної кори супроводжуються динамічними змінами вектора магнітної індукції магнітного поля Землі, що є важливим чинником

під час побудови моделі геофізичних процесів у регіоні. Розглянуто варіації вектора магнітної індукції магнітного поля Землі в лютому 2023 р., виміряні на режимній геофізичній станції у селі Тросник та представлені на рис. 5а, б у різних часових діапазонах.

Графік, зображений на рис. 5а, побудований на базі щогодинних спостережень вектора магнітної індукції магнітного поля Землі в точці спостережень. Виділяються коливання спостережуваної величини зі змінною амплітудою, період коливання становить одну добу. Зміна вектора магнітної індукції у лютому 2023 р. становить +8 нТл. Також слід відзначити, що за результатами спостережень вектора магнітної індукції за минулі

роки виявлено його постійне зростання. Зміни магнітного поля актуальні, оскільки вони реагують на зміни геологічних процесів, а саме на напружено-деформований стан гірських порід у регіоні та його періодичну розрядку; важливо визначити інтервали коливань досліджуваних параметрів та їхніх амплітуд в інтервалах аномальних сучасних горизонтальних рухів кори. Аналізуючи просторово-часовий розподіл параметру магнітного поля Землі в місячному діапазоні (рис. 5б), установлено зміни вектора магнітної індукції, що проявилися в динамічних характеристиках параметрів геофізичного поля: періоди коливань варіюють від 2 до 7 діб, амплітуди зміни становлять 75 нТл. Важливою характеристикою магнітного поля Землі є динаміка магнітного поля та його варіацій, для цього розраховано першу похідну по часу магніт-

ної індукції магнітного поля Землі. Виділено два інтервали часу, коли вектор магнітної індукції відрізнявся як амплітудою, так і періодом, який удвічі більший за фоновий. Сучасні горизонтальні рухи кори в лютому 2023 р. представлені стисненнями величиною -097 мкм (39.4 нстр) (рис. 6а, б).

Амплітуда коливання зміщення земної кори тут становить 2.76 мкм. Відзначено інтервал тривалістю 12 діб, коли відбувалися інтенсивні стиснення породи земної кори, що переходить в інтенсивне розширення порід. Зміщення кори в лютому 2023 р. є незначне стиснення з двома екстремальними точками в першій декаді, коли відбувається знакозмінний процес, – розширення порід переходить у стиснення, та в третій декаді місяця, коли стиснення переходить у розширення порід. Графік швидкості рухів кори виділяє ці ано-

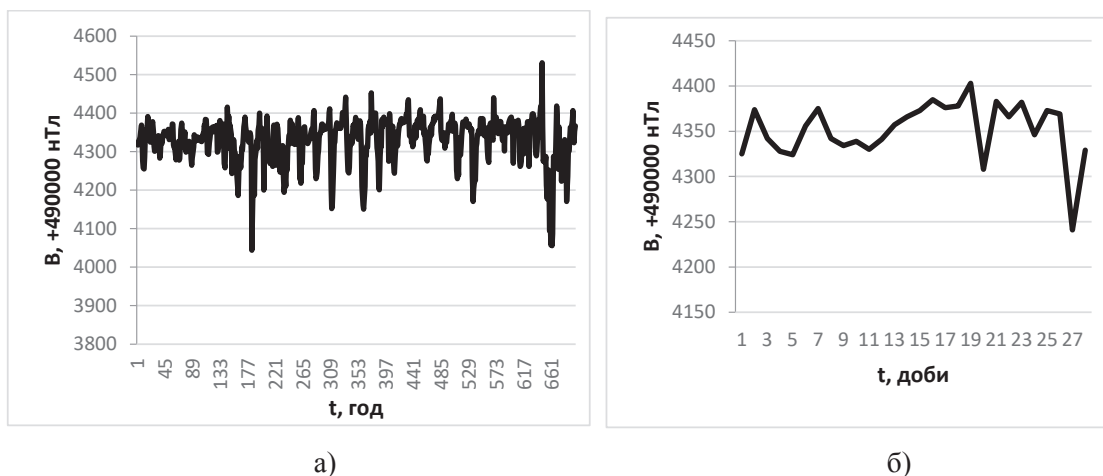


Рис. 5. а) – варіації вектора магнітної індукції у лютому 2023 р. РГС «Тросник» (щогодинні параметри); б) – варіації магнітного поля Землі у середньодобових величинах (лютий 2023 р.)

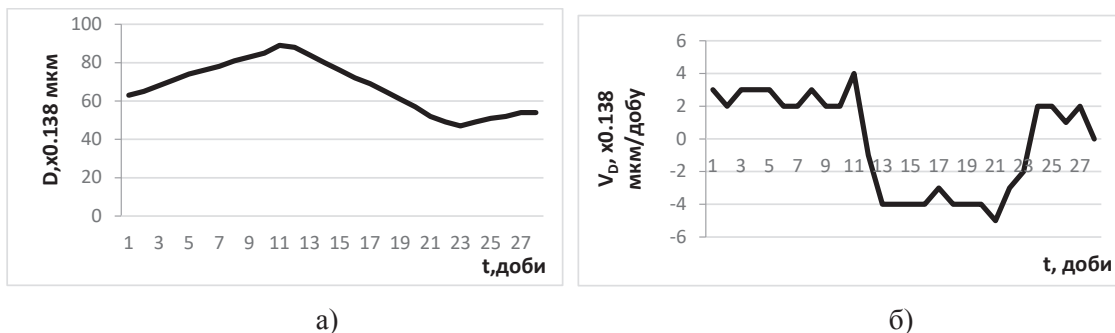


Рис. 6. а) – сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2023 р.; б) – швидкість зміни горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за лютий 2023 р.

мальні періоди; щодо зміни магнітного поля, то важливо вказати відзначену особливість розподілу вектора магнітної індукції у періоди знакозмінних геодинамічних процесів. Періоди коливання параметру магнітного поля протягом місяця змінюються в інтервалі 2–4 діб, амплітуди коливань змінюються від 32 нТл до 85 нТл. Аналіз геофізичних полів та геодинаміки регіону необхідно поділити на три фази: перша фаза пов'язана з розширеннями порід на протязі перших 11 діб, яка супроводжується інтенсивними змінами магнітного поля з періодами коливання, які становлять чотири доби. Амплітуда коливається в інтервалі 32 нТл, яка зменшується до критичної точки, що відповідає зміні напрямку рухів. Що стосується другої фази геофізичних процесів-стиснення порід, то тут спостерігається зростання амплітуди коливання вектора магнітної індукції магнітного поля Землі з періодами тривалістю в три доби та інтенсивним зростанням амплітуди коливання до величини 85 нТл. Третя фаза геофізичних процесів у регіоні представлена розширеннями порід, але з невеликою швидкістю рухів, магнітне поле при цьому змінюється з амплітудою величиною 30 нТл. Таким чином, важливо вказати, що періоди розширення порід у регіоні подібним чином повторюються, тобто магнітне поле інтенсивно змінюється з поступовим динамічним затуханням, водночас періоди стиснення порід супроводжуються аномальними змінами магнітного поля з підкресленим динамічним зростанням магнітного поля, що, очевидно, пов'язано з фізичними явищами, які при цьому протікають. Якщо припустити, що магнітне поле є також енергетичною характеристикою середовища, то воно відгукується на геомеханічні процеси, які відбуваються в сейсмонебезпечних регіонах.

Висновки. Підвищені динамічні характеристики сучасних горизонтальних рухів на

початку періоду спостереження супроводжуються інтенсивними коливаннями магнітного поля, які зменшуються протягом цього інтервалу часу, стиснення порід із лінійними швидкостями супроводжуються незначними коливаннями магнітного поля Землі, спостерігається нелінійне підвищення коливань магнітного поля Землі до періоду зміни знаку геомеханічних процесів. Можна припустити, що стиснення порід є нелінійним фізичним процесом, яке відгукується нелійними варіаціями геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землі. Аналіз наведених кривих установив наявність кореляції рядів даних, яка становить 0.15. Стиснення порід відповідають підвищенню магнітного поля Землі, розширення порід супроводжується зниженням вектора магнітної індукції магнітного поля Землі. Таким чином, швидкості рухів кори та зміни магнітного поля Землі взаємозв'язані. Важливо проводити дослідження щодо виявлення зв'язків з іншими геофізичними полями: радіоактивним фоном середовища, електромагнітною емісією. Отримані результати важливі для використання методів дослідження геофізичних даних, визначення їх ефективності та застосування як під час теоретичних досліджень, так і для практичного застосування під час вирішення екологічних проблем довкілля. Оскільки на території Закарпаття розташовані об'єкти критичної інфраструктури: нафто-, газогони, які в результаті можливих землетрусів можуть бути пошкоджені та бути джерелом небезпеки для населення краю, то проведення подібних досліджень є вкрай актуальним. Результати спостережень та їх обробки, висновки, отримані на основі цих досліджень, можуть бути використані в освітньому процесі під час викладання природничих дисциплін, методики дослідження можуть бути запропоновані для вирішення завдань науково-дослідницького характеру, які виконуватися на базі гуртків позашкільної освіти.

Література

1. Кендзера О., Семенова Ю. Деформаційні характеристики розрахункових моделей ґрунтової товщі. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 3(78). С. 17–29.
2. Визначення полів напружень у земній корі за механізмами вогнищ місцевих землетрусів у Закарпатті / Д. Малицький та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 3(78). С. 36–45. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.78.05>

3. Нікітченко К. Сучасні підходи до виділення та моделювання магнітного поля в літосфері. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 3(78). С. 51–59. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.78.07>
4. Іванік О. Наукова спадщина професора С.А. Мороза та втілення його світоглядницьких ідей у сучасну геологічну науку. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 3(78). С. 95–98. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.78.12>
5. Кальклігіти Кросненської зони Східних Карпат (Україна) / В. Гулій та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 6–11. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.01>
6. Орлюк М., Марченко А., Бакаржієва М. 3D магнітна модель земної кори східноєвропейського кратону з урахуванням сферичності Землі та її тектонічна інтерпретація. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 21–26. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.03>
7. Кулієв Г. Про особливості розповсюдження пружних хвиль в ізотропних середовищах за високих та надвисоких тисків. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 27–34. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.04>
8. Ширков Б., Бурахович Т. Електромагнітні методи при прогнозуванні рудопроявів корисних копалин. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 40–45. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.06>
9. Кошляков О., Диняк О., Кошлякова І. Проблеми виділення підземних водних масивів у межах транскордонних територій України з урахуванням вимог водного законодавства ЄС. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 67–70. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.10>
10. Зацерковний В., Тішаєв І. Аналіз підходів щодо моніторингу «островів тепла». *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 71–78. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.11>
11. Долинський І. Геоінформаційний експертно-моделюючий комплекс дослідження регіональних моделей у геології. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2017. № 4(79). С. 86–91. <https://doi.org/10.17721/17282713.79.13>
12. Вижва С., Соловійов І., Круглик В., Лісний Г. Прогнозування зон підвищеної пористості у глинистих породах Сходу України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 1(80). С. 33–39. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.04>
13. Меньшов О. Роль магнетотактичних бактерій у формуванні природного магнетизму ґрунтів України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 1(80). С. 40–45. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.05>
14. Бондаренко М., Кулик В., Євстахевич З. Петрофізичні параметри приповерхневих піщано-глинистих гірських порід за комплексом радіоактивного каротажу. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 1(80). С. 46–52. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.06>
15. Федоришин Д., Трубенко О., Федоришин С. Способи вимірювання поперечного часу релаксації порід-колекторів неогенових та кам'яновугільних відкладів газових і нафтових родовищ методом ядерно-магнітного резонансу. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 2(81). С. 39–43. <https://doi.org/10.17721/17282713.81.06>
16. Третяк К.Р., Брусак І. Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС-станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка*. 1(28)/2020. С.5–18. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.005>
17. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Молнар Д.С.С., Рац А.Й. Метеорологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за 2021 рік. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 1. С. 32–47.
18. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Молнар Д.С.С. Радіоактивний фон середовища та сучасні рухи кори в Закарпатському внутрішньому прогині: сейсмічний аспект. *Acta Academiae Beregsasiensis Geographica et Recreatio*. 2024. № 2. С. 58–68.
19. Штогрин Л., Анікеєв С., Кузьменко Е., Багрій С. Відображення активності зсувних процесів у регіональних гравітаційному та магнітному полях (на прикладі Закарпатської області). *Геодинаміка*. 1(30)/2021. С. 65–77. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.065>
20. Національний атлас України / гол. ред. Л.Г. Руденко. Київ : ДНВП «Картографія», 2007. 435 с. ISBN 978-966-475-067-4.

References

1. Kendzera, O., & Semenova, Yu.(2017). Deformatsiini kharakterystyky rozrakhunkovykh modelei gruntovoi tovshchi [Deformation characteristics of calculation models of the soil stratum]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 3(78), 17–29 [in Ukrainian].
2. Malyskyi, D., Murovska, A., Obidina, O., Hnyp, A., Hrytsai, O., Pavlova, A., & Puhach, A. (2017). Vyznachennia poliv napruzhen u zemnii kori za mekhanizmamy vohnyshch mistsevykh zemle trusiv u Zakarpatti [Determination of stress fields in the earth's crust based on the mechanisms of local earthquake foci in Transcarpathia]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 2017, 3(78), 36–45 [in Ukrainian].
3. Nikitchenko, K.(2017). Suchasni pidkhody do vydilennia ta modeliuвання mahnitnoho polia v litosfery [Modern approaches to the selection and modeling of the magnetic field in the lithosphere]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 3(78), 51–59 [in Ukrainian].
4. Ivanik, O.(2017). Naukova spadshchyna profesora S.A. Moroza ta vtilennia yoho svitohliadnytskykh idei u suchasnu heolohichnu nauku [The scientific legacy of Professor S.A. Moroz and the implementation of his worldview ideas in modern geological science]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 3(78), 95–98 [in Ukrainian].
5. Hulii, V., Kril, S., Zahnitko, V., Stepanov, V., Kuzemko, Ya., & Bilyk, N. (2017). Kalklityty Krosnenskoj zony Skhidnykh Karpat (Ukraina) [Calculation of the Krosnen zone of the Eastern Carpathians (Ukraine)]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 6–11 [in Ukrainian].
6. Orliuk, M., Marchenko, A., & Bakarzhiiieva, M. (2017). 3D mahnitna model zemnoi kory skhidnoievropeiskoho kratonu z urakhuvanniam sferychnosti Zemli ta yii tektonichna interpretatsiia [3D magnetic model of the Earth's crust of the East European craton taking into account the sphericity of the Earth and its tectonic interpretation]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 21–26 [in Ukrainian].
7. Kuliiev, H.(2017). Pro osoblyvosti rozpovsiudzhennia pruzhnykh khvyl v izotropnykh seredovyschakh za vysokyykh ta nadvysokyykh tyskiv[On the peculiarities of propagation of elastic waves in isotropic media under high and ultrahigh pressures]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 27–34 [in Ukrainian].
8. Shyrkov, B., & Burakhovych, T. (2017). Elektromahnitni metody pry prohnozuvanni rudoproiaviv korysnykh kopalyn [Electromagnetic methods for predicting ore occurrences of minerals]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 40–45 [in Ukrainian].
9. Koshliakov, O., Dyniak, O., & Koshliakova I. (2017). Problemy vydilennia pidzemnykh vodnykh masyviv u mezhakh transkordonnykh terytorii Ukrainy z urakhuvanniam vymoho vodnoho zakonodavstva YeS [Problems of allocation of underground water bodies within the transboundary territories of Ukraine, taking into account the requirements of the EU water legislation.]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 67–70 [in Ukrainian].
10. Zatserkovnyi, V., & Tishaiev, I. (2017). Analiz pidkhodiv shchodo monitorynhu «ostroviv tepla» [Analysis of approaches to monitoring «heat islands»]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 71–78[in Ukrainian].
11. Dolynskyi, I.(2017). Heoinformatsiyni ekspertno-modeliuiuchy kompleks doslidzhennia rehionalnykh modelei v heolohii [Geoinformational expert-modeling complex of research of regional models in geology]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 4(79), 86–91 [in Ukrainian].
12. Vyzhva, S., Soloviov, I., Kruhlyk, V., & Lisnyi, H. (2018). Prohnozuvannia zon pidvyshchenoi porystosti u hlynistykh porodakh skhodu Ukrainy [Prediction of zones of increased porosity in clayey rocks of eastern Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 1(80), 33–39 [in Ukrainian].
13. Menshov, O. (2018). Rol mahnetotaktychnykh bakterii u formuvanni pryrodnoho mahnetyzmu gruntiv Ukrainy [The role of magnetotactic bacteria in the formation of natural magnetism of the soils of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 1(80), 40–45 [in Ukrainian].
14. Bondarenko, M., Kulyk, V., & Yevstakhevych, Z. (2018). Petrofizychni parametry prypoverkhnevyykh pishchano-hlynistykh hirskykh porid za kompleksom radioaktyvnoho karotazhu [Petrophysical parameters of near-surface sandy-clay rocks according to the complex of radioactive logging]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 1(80), 46–52 [in Ukrainian].
15. Fedoryshyn, D., Trubenko, O., & Fedoryshyn, S. (2018). Sposoby vymiriuvannia poperechnoho chasu relaksatsii porid-kolektoriv neohenovykh ta kam'ianovuhilnykh vidkladiv hazovykh i naftovykh rodovysch metodomiaderno-mahnitnoho rezonansu [Methods of measuring the transverse relaxation time of reservoir rocks of Neogene and coal deposits of gas and oil deposits using the nuclear magnetic resonance method]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 2(81), 39–43 [in Ukrainian].

16. Tretiak, K.R., & Brusak, I. Doslidzhennia vzaiemozviazku seismichnosti ta suchasnykh horyzontalnykh zmishchen za danymy permanentnykh HNSS-stantsii u Karpato-Balkanskomu rehioni [The research of interrelation between seismic activity and modern horizontal movements of the Carpathian- Balkan region based on the data from permanent GNSS stations]. *Heodynamika*, 1(28)/2020. Ss.5–18. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.005> [in Ukrainian].

17. Ihnatyshyn, V.V., Izhak, T.I., Molnar, D S.S., & Rats, A.I. (2024). Meteorologichnyi aspekt heodynamichnoho stanu Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu za 2021 rik [Meteorological aspect of the geodynamic state of the Transcarpathian internal trough for 2021.]. *Acta Academiae Beregsiensis Geographica et Recreatio*, № 1, 32–47 [in Ukrainian].

18. Ihnatyshyn, V.V., Izhak, T.I., & Molnar, D S.S. (2024). Radioaktyvnyi fon seredovyscha ta suchasni rukhy kory v Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni: seismichnyi aspekt [Radioactive environmental background and modern crustal movements in the Transcarpathian internal depression: seismic aspect.]. *Acta Academiae Beregsiensis Geographica et Recreatio*, № 2, 58–68 [in Ukrainian].

19. Shtohryn, L., Anikeiev, S., Kuzmenko, E., & Bahrii, S. (2021). Vidobrazhennia aktyvnosti zsvnykh protsesiv u rehionalnykh hravitatsiinomu ta mahnitnomu poliakh (na prykladi Zakarpatskoi oblasti) [Reflection of the activity of landslide processes in the regional gravitational and magnetic fields (on the example of the Transcarpathian region)]. *Heodynamika* 1(30), 65–77. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.065> [in Ukrainian].

20. Natsionalnyi atlas Ukrainy (2007). [National atlas of Ukraine] NAN Ukrainy, Instytut heohrafi, Derzhavna sluzhba heodezii, kartohrafi ta kadastru ; holov. red. L. H. Rudenko ; holova red. kol. B. Ye. Paton. K. : DNVP «Kartohrafiia». – 435 – 5 tys. prym. – ISBN 978-966-475-067-4 [in Ukrainian].