



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№ 13
Український журнал природничих наук
№ 13

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 550.34

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.13>

ГІДРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ГЕОДИНАМІЧНОГО ТА СЕЙСМІЧНОГО СТАНУ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

**В. В. Ігнатишин¹, Т. Й. Іжак², С. С. Молнар Д³, М. Б. Ігнатишин⁴,
А. В. Ігнатишин⁵**

Карпатський регіон, у тому числі Закарпаття, Прикарпаття та прилеглі території сусідніх країн, відзначається сейсмічною активізацією. Територія Закарпатського внутрішнього прогину періодично зазнає погіршення метеорологічного, гідрологічного та сейсмічного стану середовища. До них варто віднести паводки, буревії, проте є небезпека виникнення землетрусу. Тут можливі 7–8 бальні землетруси. Останній потужний землетрус на території Закарпаття відбувся в 1908 році поблизу м. Сваляви (Закарпатська область). Періодичність прояву сильних підземних поштовхів на території Закарпатського внутрішнього прогину становить один раз на 100 ± 30 років, тому ймовірність прояву підземної стихії зростає. Метою представленого дослідження є виявлення закономірностей прояву метеорологічного та гідрологічного стану регіону, вивчення сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашиського глибинного розлому, просторово-

¹ кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник Відділу сейсмічності Карпатського регіону
(Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України, м. Київ);
доцент кафедри географії та туризму
(Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове)
e-mail: rgstrs1962@ukr.net
ORCID: 0000-0003-0727-2132

² кандидат географічних наук, PhD, доцент, доцент кафедри географії та туризму
(Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове)
e-mail: izesak.tibor@kmf.org.ua
ORCID: 0000-0002-0940-8947

³ кандидат географічних наук, PhD, доцент, доцент кафедри географії та туризму
(Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове)
e-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua
ORCID: 0000-0003-2959-9136

⁴ провідний інженер Відділу сейсмічності Карпатського регіону
(Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України, м. Київ)
e-mail: sitkomonika@i.ua
ORCID: 0009-0000-0154-282X

⁵ Інженер I категорії Відділу сейсмічності Карпатського регіону
(Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України, м. Київ)
e-mail: Adalbert_Ihnatisin@i.ua
ORCID: 0009-0005-0393-572X

часового розподілу регіональної та місцевої сейсмічності, встановлення взаємозв'язків між екологічним станом регіону та динамікою змін геодинамічного та сейсмічного стану навколишнього середовища. Для висвітлення результатів наукових досліджень використано результати комплексних геофізичних спостережень, що проводяться на території Карпатського регіону. Тут проводяться метеорологічні, гідрологічні, геодинамічні та мікросейсмічні спостереження на пунктах режимних геофізичних спостережень Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України. Дослідження проведено з використанням сучасних методик та технологій, порівняльного аналізу, кореляційного аналізу, математичного забезпечення, картографічних методів, методів аналізу та синтезу, інтернет-ресурсів. Розглянуто сучасні рухи кори та місцеву сейсмічність. Сейсмічність регіону підвищується в періоди, коли рухи кори представлені максимальними величинами зміщень кори. Досліджено атмосферні опади та сучасні рухи кори в регіоні та показано, що інтенсивні атмосферні опади супроводжуються стисненнями кори, оскільки поява додаткової маси на поверхні земної кори приводить до стиснення порід. Вивчено варіації атмосферних опадів в центральній частині Закарпаття та просторово-часовий розподіл регіональної та місцевої сейсмічності. Виявлено, що інтенсивні атмосферні опади протягом наступного інтервалу часу супроводжуються місцевими землетрусами. Важливо відмітити інтервали часу, що об'єднують динамічні зміни параметрів геофізичних полів та варіацій параметрів гідрологічного стану в регіоні. Вперше проаналізовано фактори впливу параметрів гідрологічного стану середовища в комплексі на сейсмотектонічні процеси в сейсмонезбезпечному регіоні, вказано на геодинамічний аспект місцевої сейсмічності у 2024 році. Отримані в роботі результати можуть бути використані під час вивчення екологічного стану Закарпаття, Карпатського регіону, географії регіону, геофізичних характеристик сейсмонезбезпечних територій Землі. Методики дослідження можуть бути запропоновані на заняттях гуртків природничого спрямування в загальноосвітній школі, гуртків позашкільної освіти, в системі МАН України. Алгоритми дослідження можуть бути застосовані в роботі над курсовими та дипломними проектами вищої школи.

Ключові слова: атмосферні опади, сучасні горизонтальні рухи кори, сейсмічність регіону, землетруси, геодинамічний стан, гідрологічний стан, сейсмотектонічні процеси.

HYDROLOGICAL ASPECTS OF THE GEODYNAMIC AND SEISMIC STATE OF THE CARPATHIAN REGION

V. V. Ignatyshyn, T. Y. Izhak, S. S. Molnar D, M. B. Ignatyshyn,
A. V. Ignatyshyn

The Carpathian region, including Transcarpathia, Prykarpattia, and adjacent territories of neighboring countries, is characterized by seismic activity. The territory of the Transcarpathian internal depression periodically experiences deterioration in meteorological, hydrological, and seismic conditions. These include floods and storms, but there is also a risk of earthquakes. Earthquakes measuring 7–8 on the Richter scale are possible here. The last powerful earthquake in Transcarpathia occurred in 1908 near the town of Svalyava (Transcarpathian region). The frequency of strong underground tremors in the Transcarpathian internal depression is once every 100 ± 30 years, so the probability of underground disasters is increasing. The aim of this study is to identify patterns in the meteorological and hydrological conditions of the region, to study modern horizontal crustal movements in the Oash deep fault zone, the spatial and temporal distribution of regional and local seismicity, and establishing the relationships between the ecological state of the region and the dynamics of changes in the geodynamic and seismic state of the environment. The results of comprehensive geophysical observations conducted in the Carpathian region were used to highlight the results of scientific research. Meteorological, hydrological, geodynamic, and microseismic observations are carried out at the geophysical observation stations of the S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine. The research was conducted using modern methods and technologies, comparative analysis, correlation analysis, mathematical support, cartographic methods, methods of analysis and synthesis, and Internet resources. Modern crustal movements and local seismicity are considered: seismicity in the region increases during periods when crustal movements are represented by maximum values of crustal displacement, both in terms of rock compression and rock expansion. Atmospheric precipitation and modern crustal movements in the region were studied, and it was shown that intense atmospheric precipitation is accompanied by crustal compression, since the appearance of additional mass on the surface of the Earth's crust leads to rock compression. Variations in atmospheric precipitation in the central part of Transcarpathia and the spatial-temporal distribution

of regional and local seismicity were studied: it was found that intense atmospheric precipitation during the next time interval is accompanied by local earthquakes. It is important to note the time intervals that combine dynamic changes in geophysical field parameters and variations in hydrological conditions in the region. For the first time, the factors influencing the parameters of the hydrological state of the environment in combination with seismotectonic processes in a seismically hazardous region have been analyzed, and the geodynamic aspect of local seismicity in 2024 has been indicated. The results obtained in this work can be used in studying the ecological state of Transcarpathia, the Carpathian region, the geography of the region, and the geophysical characteristics of earthquake-prone areas of the Earth. The research methods can be proposed for use in natural science clubs in general education schools, extracurricular education clubs, and in the Ukrainian Academy of Sciences system. The research algorithms can be applied when working on coursework and thesis projects in higher education.

Key words: *atmospheric precipitation, modern horizontal movements of the crust, seismicity of the region, earthquakes, geodynamic state, hydrological state, seismotectonic processes.*

Вступ

Актуальність тематики проведених досліджень викликана декількома причинами, які безпосередньо впливають на екологічний стан досліджуваного регіону. Варто вказати на те, що територія Закарпаття, Прикарпаття та прилеглих територій сусідніх країн відзначається сейсмічною активізацією. Через Закарпаття пролягають елементи логістики, тут розташовано об'єкти критичної інфраструктури, погіршення роботи яких може вплинути на безпеку людей. Територія Закарпатського внутрішнього прогину періодично зазнає погіршення метеорологічного, гідрологічного та сейсмічного стану середовища. До них варто віднести паводки, буревії, проте є небезпека виникнення землетрусу. Також варто нагадати, що тут можливі 7–8 бальні землетруси. Останній потужний землетрус на території Закарпаття відбувся в 1908 році поблизу міста Сваляви Закарпатської області. Періодичність прояву сильних підземних поштовхів на території Закарпатського внутрішнього прогину становить один раз на 100 ± 30 років, тому ймовірність прояву підземної стихії зростає. Для розуміння сейсмотектоніки регіону необхідно паралельно розв'язувати декілька задач щодо геодинамічного, гідрологічного, метеорологічного та сейсмічного стану Карпатського регіону.

Представленій тематиці присвячено публікації, де розкриваються окремі сторони екологічної проблематики, де намагаються показати можливі моделі геофізичних процесів, що даватимуть більше можливостей для вивчення поставлених задач. Зокрема, на основі виконаних досліджень (Третяк і Брусак, 2020) показано, що кореляційний взаємозв'язок між горизонтальними деформаціями, визначеними за даними ГНСС, і узагальненою сейсмічністю проявляється лише в зонах субдукції, де є інтенсивна

сейсμοактивність і мають прояви постійні деформації земної кори. У (Козловський та ін., 2020) визначено взаємозв'язки між структурно-тектонічними особливостями будови центральної частини Закарпатського прогину, сучасним геодинамічним розвитком фундаменту регіону та особливостями поширення сейсмічних хвиль і формування вогнищ локальних землетрусів. У (Штогрин та ін., 2021) розглянуто особливості відображення тектонічної будови, зон розуцільнення, подрібненості порід та літологічного складу в гравімагнітних полях регіонального масштабу, а також уперше оцінено їх зв'язок зі зсувними процесами. У (Третяк і Брусак, 2022) встановлено, що деформації території Заходу України є складними і лише частково співвідносяться з відомою тектонічною будовою в регіоні. Отримані в (Ковачікова та ін., 2022) результати спрямовані на з'ясування глибинної будови та співвіднесення геоелектричних особливостей земної кори та верхньої мантії із системами розломів та родовищ різних корисних копалин і можуть бути додатковим свідченням можливих тектонічних активізаційних процесів на досліджуваній території. Епіцентр найсильнішого землетрусу опинився на розломі донегенового фундаменту, паралельного до дуги Карпат простягання, яке майже збігається з простяганням ототожненої площини розриву (Гнип, 2022). Метою досліджень у роботі (Кузьменко та ін., 2022) є обґрунтування теоретичних передумов інтерпретації геофізичного методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ). У статті (Назаревич та ін., 2022) показано наявність відносно глибокої (30–55 км) сейсмічної активності в земній корі Українського Закарпаття – у зоні занурення границі Мохо під Карпати в районі зчленування Закарпатського та Оашського глибинних розломів. У роботі (Пирієв, 2022)

показано, що передвісники УНЧ можуть бути перед землетрусами, що досягають глибин до 30 км, і цей діапазон можна вважати перспективним ефективним діапазоном виявлення передвісників землетрусів.

Аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та варіації параметрів атмосферних опадів у 2020 р., проведений у роботі (Ігнатишин та ін., 2022), указує на високий ступінь кореляції рядів геофізичних даних: підвищення величини кількості опадів супроводжується підвищенням величини кількості зареєстрованих місцевих землетрусів у регіоні. У статті (Шевченко та ін., 2023) розглянуто традиційний і нестандартний підходи до аналізу розрахункових значень інфільтраційного живлення ґрунтових вод із використанням показника заряду електричного поля приземної атмосфери. У роботі (Лубков, 2023) показано, що найменшим деформуванням піддаються більш компактні геоструктури, а зменшення радіуса кривизни геоструктури призводить до обернено пропорційного збільшення деформування відповідної геоструктури. У статті (Хевпа та ін., 2023) представлено результати аналізу та узагальнення об'єктових гідрогеологічних моніторингових спостережень динаміки рівнів підземних вод. Детальна інтерпретація різногенетичних та різнопорядкових структурно-морфометричних карт дала змогу виділити морфоструктури і блокові структури кристалічного фундаменту (регіональні блоки та локальні мікроблоки), що вирізняються диференційованістю тектонічних рухів та особливістю тектонічного розвитку (Іванік та ін., 2024). Аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та сучасних горизонтальних рухів кори за весь період деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому вказав підвищення сейсмічності регіону в інтервалах інтенсивних рухів кори (Ігнатишин та ін., 2024, а). Дослідження (Зацерковний та ін., 2024) демонструють можливості використання технології InSAR для моніторингу деформацій земної поверхні, спричинених нещодавніми землетрусами. Дослідження (Гудак та ін., 2025) закладають основу для подальшого розвитку методологічних підходів до аналізу потенційних деформацій підземних конструкцій на основі динаміки поверхні (вертикальних зміщень). У роботі (Малицький та ін., 2025) представлено метод визначення тензора сейсмічного моменту з використанням лише прямих Р- і S-хвиль,

що значно підвищує точність і надійність методу. На основі структурного аналізу складок, проведеного в (Гончар, 2022), побудовано складний профіль деформації в розрізі Хуст – Івано-Франківськ (центральна частина Українських Карпат). Він характеризує розподіл деформації неспіввісного потоку за спектром параметрів: кутів осі стиснення та простого зсуву, величин горизонтального стиснення та деформаційних еліпсів. Згідно з даними, представленими у (Андрущенко та ін., 2022), в Україні та сусідніх країнах у 2021 році відбулося понад сто п'ятдесят землетрусів. Більшість із них сталася в глибокофокусному регіоні Вранча (Румунія). Точність розв'язку фокального механізму може суттєво залежати від кількості використовуваних станцій, особливо у випадку слабких землетрусів та розріджених мереж (Малицький та ін., 2025).

Сейсмічність регіону пов'язана з процесами локального стиснення гірських порід (Ігнатишин та ін., 2025). В (Ігнатишин та ін., 2024, б) показано, що на динаміку сучасних горизонтальних рухів кори суттєво впливають фактори-завади, що можуть підвищити кінематичні характеристики геодинаміки регіону та змінити процес підготовки і прояву місцевої сейсмічності. Геомеханічні процеси викликають зміни фізичних характеристик верхніх шарів земної кори, які проявляються в змінах параметрів досліджуваних геофізичних полів, параметрів радіоактивного фону середовища, зокрема гама-випромінювання (Ігнатишин та ін., 2024, в). У роботі (Ігнатишин та ін., 2024, г) 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. Показано, що ефективним методом вивчення сейсмотектонічних процесів у регіоні є використання прискорення сучасних горизонтальних рухів кори (Ігнатишин та ін., 2024, д).

Метою запропонованого дослідження є виявлення закономірностей прояву метеорологічного та гідрологічного стану регіону, вивчення сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часового розподілу регіональної та місцевої сейсмічності, встановлення взаємозв'язків між екологічним станом регіону та динамікою змін геодинамічного та сейсмічного стану навколишнього середовища.

Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати завдання, що розкриватимуть зміст процесів у регіоні: дослідити варіації в часовому діапазоні кількості атмосферних опадів, зміщення точок спостереження під час сучасних горизонтальних рухів кори, часовий розподіл місцевої сейсмічності; вивчити вплив геодинаміки регіону на сейсмічний стан досліджуваних територій; дослідити зв'язок гідрологічного стану та геодинаміки регіону, зв'язок гідрологічного стану регіону та активізацію його сейсмічності; провести комплексні дослідження геофізичних процесів у сейсмонебезпечному регіоні.

Матеріал і методи

У статті для висвітлення результатів наукових досліджень поставленої тематики використано результати комплексних геофізичних спостережень, що проводяться на території Карпатського регіону, зокрема в Закарпатті та Прикарпатті. Тут проводяться метеорологічні, гідрологічні, геодинамічні та мікросейсмічні спостереження на пунктах режимних геофізичних спостережень Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України. Сучасні горизонтальні рухи кори вимірюються на пункті деформометричних спостережень «Королеве» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України. Варіації атмосферних опадів та місцевої сейсмічності отримано за результатами роботи режимної геофізичної станції «Тросник» Карпатського відділення Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України. Варто вказати, що всі пункти спостережень обладнані цифровими сейсмометрами DAS-05-06. Інформацію отримують і обробляють дистанційно в режимі реального часу. Для отримання результатів дослідження проводять оброблення матеріалів спостережень, використовуючи сучасні методики та технології, порівняльний аналіз, кореляційний аналіз, математичне забезпечення, картографічні методи, методи аналізу та синтезу, інтернет-ресурси.

Результати

На території Закарпаття систематично проводяться метеорологічні спостереження на пунктах різних державних установ: метеорологічних станціях, пунктах спостережень, галузевих метеорологічних станціях. Окремо варто виділити метеорологічні та гідрологічні спостереження, що прово-

дяться на всій території Закарпатського внутрішнього прогину, які відносяться до Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Ці пункти спостереження є трьох типів: режимні геофізичні станції, сейсмічні станції та пункти деформометричних спостережень, які розташовані сіткою й охоплюють усю територію Закарпаття. До переліку метеорологічних параметрів, за якими ведуться спостереження, варто віднести: швидкість і напрям вітру, вологість повітря, температуру повітря, атмосферний тиск і кількість атмосферних опадів. Ці параметри отримують за допомогою типових метеорологічних станцій, мікробарометрів та опадомірів, зокрема опадоміра Третьякова. У цій статті представлені результати вимірювання атмосферних опадів на режимній геофізичній станції «Тросник», яка розташована в селі Тросник Берегівського району Закарпатської області та функціонує з 1985 року. Проведено аналіз варіацій атмосферних опадів, зареєстрованих у точці спостережень (центральна частина Закарпатського внутрішнього прогину) в лютому 2024 року (рис. 1). Загальна кількість атмосферних опадів у лютому 2024 року на РГС «Тросник» становить: 32,9 мм, що відповідає середньомісячним величинам атмосферних опадів у цьому регіоні.

Аналізуючи вищенаведений графік часового розподілу атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, можна зробити такі висновки: у першій половині лютого 2024 року випало 24,9 мм атмосферних опадів, що становить 75,7% місячних опадів; у другій половині лютого випало 8 мм атмосферних опадів, або 24,7% місячних опадів у лютому 2024 року. Періоди прояву аномальних опадів у лютому 2024 року становить: 7–14 діб.

Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в досліджуваний період. У центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину в зоні Оашського глибинного розлому в штольні Замкової гори в селищі Королеве змонтовано горизонтальний кварцовий деформограф у напрямку схід – захід. База горизонтального деформометра становить 24,5 м, азимут приладу становить 80°, підсилення запису деформометра

становить 7246. За допомогою приладу можна розраховувати зміщення та деформацію порід, які є важливими даними для вивчення геодинамічного стану сейсмонезбезпечного регіону. Історія деформометричних спостережень у Закарпатті починається в 1980-х роках, коли у штольні в горі біля села Мужієве (Берегівський район, Закарпатська область) змонтували два горизонтальні деформометри базами відповідно 11 м і 20 м. За результатами деформометричних спостережень отримано картину деформацій у регіоні: стиснення в близько меридіональному напрямку, розширення в близькоширотному напрямку. Змонтована в 1989 році деформометрична станція у штольні поблизу міста Берегове складалася із двох змонтованих у взаємно перпендикулярних напрямках деформографів. Реєстрація сучасних горизонтальних рухів кори підтвердили висновки, отримані на деформографічній станції «Берегове-1».

Для вивчення картини рухів кори в центральній частині Закарпаття проводилися вимірювання зміщення кори в штольні в селищі Королеве, починаючи із 1999 року. За результатами десятилітніх спостережень встановлено розширення порід у близькоширотному напрямку і стиснення порід у – близькомеридіональному. Різнознакові рухи кори: стиснення порід у північно-західному напрямку та їх розширення в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, тому важливо вивчення рухів кори в південно-східній частині Закарпаття. Проведено вивчення рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2024 року (рис. 2).

Загальна величина сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2024 року становить: –5,4 мкм (деформація породи: –220 нстр). Відмічаються коливання з періодами: 3–21 доби, 13 лютого зареєстровано точку

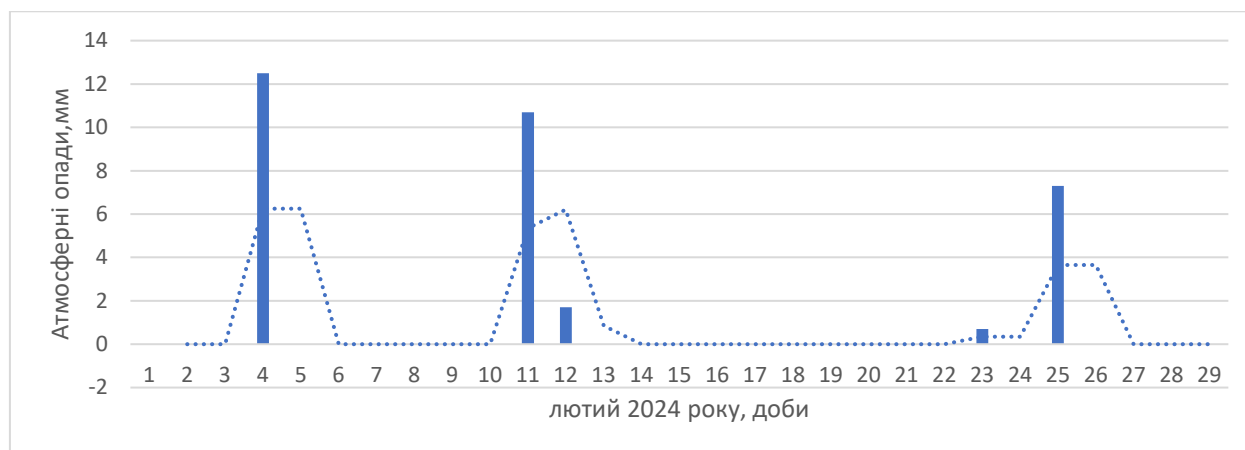


Рис. 1. Варіації кількості атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину в лютому 2024 року



Рис. 2. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2024 року (Закарпатський внутрішній прогин)

зміни знаку рухів зі стиснення порід на інтенсивне розширення порід. Стиснення порід відбувалося із величиною: -1 мкм/добу, розширення порід відбувалося зі швидкістю $+0,65$ мкм/добу.

Сейсмічна активізація Карпатського регіону. Закарпаття визначається як сейсмонезбезпечний регіон, де відбуваються місцеві землетруси різного енергетичного класу, в тому числі відчутні підземні поштовхи. На території Закарпатського внутрішнього прогину сейсмічність підпорядковується періодичним законам. Відчутні землетруси відбуваються з частотою від 1 до 6 подій щороку на фоні сотень слабких підземних поштовхів. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності в лютому 2024 року представлений на рис. 3. У лютому 2024 року на території Карпатського регіону зареєстровано 20 місцевих та близьких підземних поштовхів, які охоплюють території Закарпаття, Прикарпаття та прилеглих територій сусідніх країн. Серед них виділяють серію Закарпатських землетрусів: 13.02.2024 року, 14.02.2024 року, в с. Королеве; 20.02.2024 року, м. Ужгород; 21.02.2024 року, м. Мукачеве; 22.02.2024 року в м. Свалява; 28.02.2024 року, м. Мукачеве.

Більшість землетрусів відбуваються в першій половині доби, лише третина реєструється в другій половині доби. Землетруси протягом місяця розподілені серіями по три-чотири поштовхи з періодами повторюваності тривалістю приблизно одного тижня. Просторово-часовий розподіл на території Карпатського регіону представлено на рис. 4 за результатами сейсмологічного бюлетеню, підготовленого Відділом сейсмічності карпатського регіону Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України.

Епіцентри місцевих і близьких землетрусів групуються в Закарпатті та Прикарпатті, частина розподілена на території Угорщини, Словаччини та Румунії.

Сейсмічність і геодинаміка регіону. Розглянуто просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в досліджуваний період та подано на рис. 5. Сейсмічність регіону підвищується в періоди, коли рухи кори представлені максимальними величинами зміщень кори, як стиснення порід, так і їх розширення.

Проведено розрахунок коефіцієнта кореляції параметрів сейсмічності регіону та зміщень земної кори в лютому 2024 року, який становить: $-0,2$. Інтенсивні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому передують сейсмічній активності.

Атмосферні опади та рухи кори. Проведено дослідження зв'язку варіацій атмосферних опадів та сучасних горизонтальних рухів у зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2024 року (рис. 6).

Аналізуючи вищенаведений графік, важливо вказати на те, що інтенсивні атмосферні опади супроводжуються стисненнями кори, оскільки поява додаткової маси на поверхні земної кори приводить до стиснення порід. Розраховано коефіцієнт кореляції атмосферних опадів у регіоні та сучасними горизонтальними рухами в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2024 року, який становить: $0,1$.

Атмосферні опади та місцева сейсмічність. Досліджено взаємозв'язок атмосферних опадів та місцевої сейсмічності, комплексний графік часових залежностей гідрологічних та геофізичних параметрів (рис. 7).

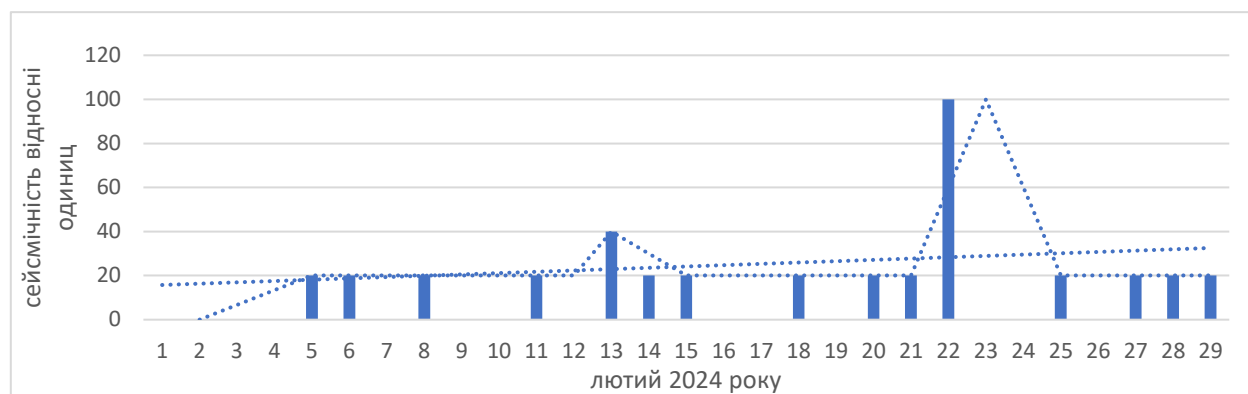


Рис. 3. Сейсмічність Карпатського регіону в лютому 2024 року



Рис. 4. Просторово-часовий розподіл сейсмічності Карпатського регіону в лютому 2025 року

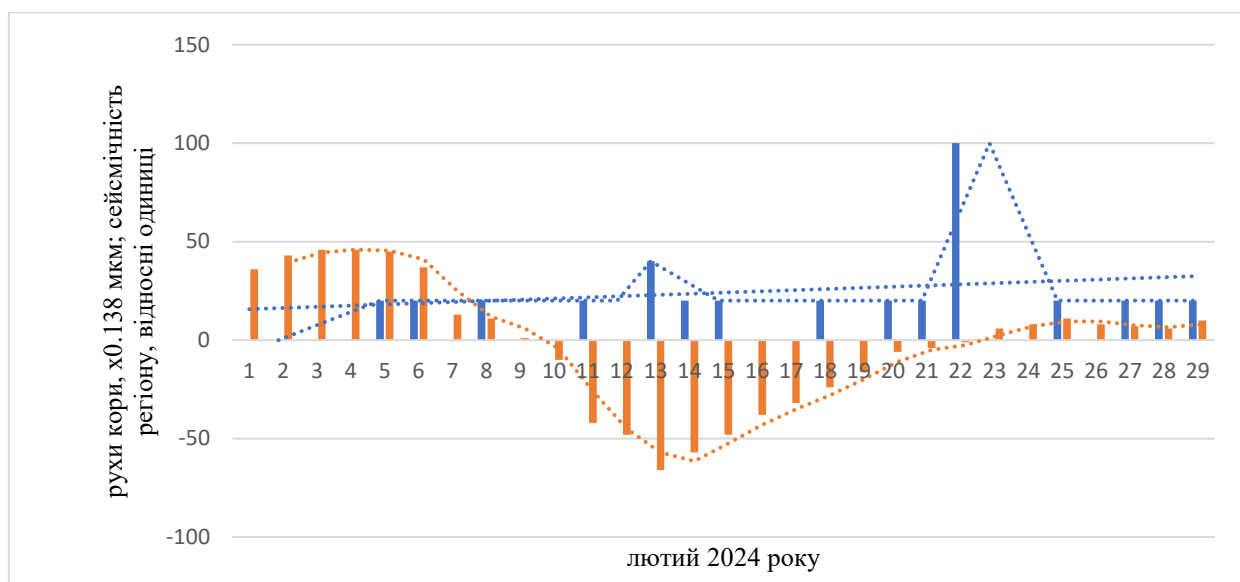


Рис. 5. Сейсмічність Карпатського регіону (діаграма синього кольору), сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма коричневого кольору) (лютий 2024 року)

Аналіз графіку (рис. 7) доводить висновку щодо впливу атмосферних опадів на розрядку напружено-деформованого стану верхніх шарів земної кори. Інтенсивні атмосферні опади протягом наступного інтервалу часу, який дорівнює 1–2 добам,

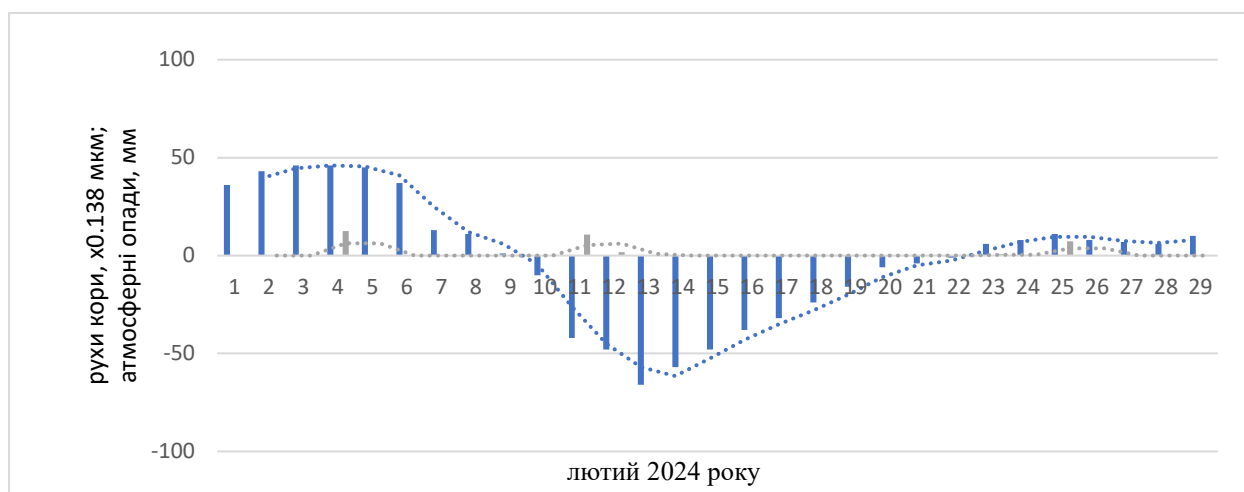


Рис. 6. Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма синього кольору), атмосферні опади в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (діаграма сірого кольору) (лютий 2024 року)

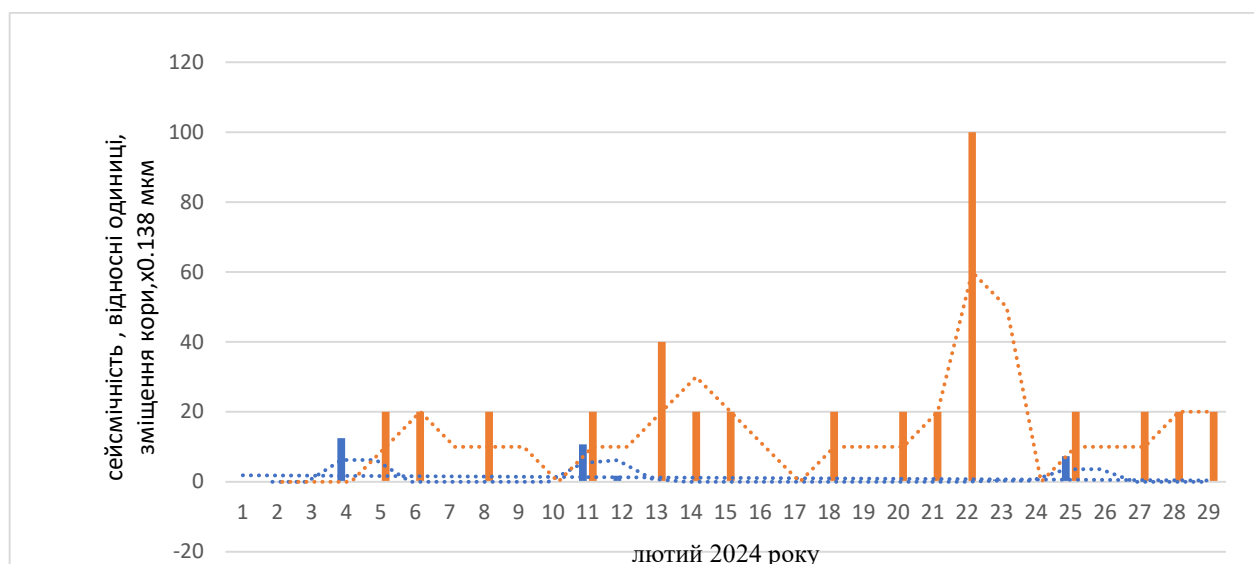


Рис. 7. Атмосферні опади в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (діаграма синього кольору), місцева сейсмічність (діаграма коричневого кольору) (лютий 2024 року)

супроводжуються місцевими землетрусами. Розраховано коефіцієнт кореляції варіацій атмосферних опадів та місцевої сейсмічності, що дорівнює: 0.1.

Геофізичний та гідрологічний стан у регіоні. Розглянуто варіації атмосферного тиску, сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності (рис. 8).

Атмосферні опади в регіоні викликають інтенсивні горизонтальні рухи кори, що своєю чергою супроводжується проявом

місцевої сейсмічності. Місцеві закарпатські землетруси відбуваються в більшості випадків у разі розширення порід на відміну від землетрусів, епіцентри яких знаходяться на більшій відстані, що відбуваються під час стиснення порід. Цей процес включає цикл акумуляції геомеханічної енергії та фазу розрядки напружено-деформованого стану порід. Таким чином, важливо відмітити інтервали часу, що об'єднують динамічні зміни параметрів геофізичних полів та варіацій параметрів гідрологічного стану в регіоні.



Рис. 8. Сейсмічність регіону (крива фіолетового кольору), атмосферні опади (діаграма сірого кольору, рухи кори (крива синього кольору) (Закарпатський внутрішній прогин) (лютий 2024 року)

Обговорення

Наукова новизна проведених спостережень і досліджень полягає в тому, що тут вперше проведено дослідження особливостей варіацій гідрологічного стану за 2024 рік, сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за вказаний період, вивчено просторово-часовий розподіл регіональної сейсмічності за вказаний відрізок часу. Проведено вивчення впливу гідрологічних параметрів на геодинаміку регіону, на прояв місцевої сейсмічності, вказано на виявлені особливості. Проаналізовано фактори впливу параметрів гідрологічного стану середовища в комплексі на сейсмотектонічні процеси в сейсмонезбезпечному регіоні, вказано на геодинамічний аспект місцевої сейсмічності. Отримані результати наукових досліджень у цій роботі важливі для поповнення геофізичної та сейсмологічної бази даних. Тут проводиться вдосконалення сучасних методик обробки та аналізу первинної інформації. Показано алгоритм дослідження впливу факторів на фундаментальні геологічні процеси в регіоні. Отримані результати можуть бути використані у вивченні екологічного стану Закарпаття, Карпатського регіону, географії регіону, геофізичних характеристик сейсмонезбезпечних територій Землі. Методики дослідження пропонується застосовувати на заняттях гуртків природничого спрямування в загальноосвітній школі,

гуртків позашкільної освіти, в системі МАН України. Алгоритми дослідження пропонуються для використання під час роботи над курсовими та дипломними проектами вищої школи. Результати цього дослідження варто використати у викладанні сучасних методик і технологій організації досліджень з географії, геофізики, фізичних основ географічних явищ, геоінформаційних технологій, інформатики, розділів географії. Пропонується розширити спектр параметрів метеорологічного та гідрологічного стану регіону, а також географію досліджуваних територій, особливо зі зростанням сейсмічної активності.

Висновки

Згідно з метою роботи проведено вивчення часового розподілу атмосферних опадів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину за інтервал часу 2024 року та встановлено, що кількість опадів знаходиться в інтервалі можливих опадів у регіоні в зимовий період. Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, що знаходиться в цій частині досліджуваної території, представлені стисненнями порід, які характерні для сезонних рухів верхніх шарів земної кори в цей період. Аналіз просторово-часового розподілу регіональної та місцевої сейсмічності вказує на підвищену сейсмічну активність цього періоду 2024 року. У результаті аналізу взаємозв'язків між спостережуваними геофізичними

та метеорологічними полями виявлено гідрогеологічний аспект місцевої сейсмічності. Модель сейсмотектонічних процесів у Карпатському регіоні за досліджуваний інтервал часу представлена як послідовність гідрологічних, геодинамічних і геофізичних явищ. Інтенсивні атмосферні опади в сейсмогенеруючому регіоні викликають гідрогеологічні процеси, підняття рівня

води у водних артеріях регіону. Саме підвищені величини атмосферних опадів супроводжуються динамічними рухами кори, які представлені інтенсивними розширеннями або стисненнями її верхніх шарів. Швидкі та інтенсивні рухи акумулюють геомеханічну енергію та за певних критеріїв вивільняються у вигляді місцевих землетрусів, що й підтверджується цими дослідженнями.

Список використаної літератури

- Андрущенко Ю., Лящук О., Фарфуляк Л., Амашукелі Т., Ханієв О., Осадчий В., Петренко К., Вербицький С. Національний сейсмологічний бюлетень України за 2021 рік. *Геофізичний журнал*. 2022. 44 (6). С. 162–180. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273649>.
- Гнип А. Визначення різницьових координат і механізму вогнища землетрусів поблизу с. Тросник у Закарпатті протягом 2013-2015 рр. : Методичні аспекти та аналіз результатів. *Геодинаміка*. 2022. № 2(33). С. 50–63 <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.050>.
- Гончар В. Значення поперечної деформаційної зональності та палінспастичні реконструкції Карпат на основі структурного аналізу складчастості. *Геофізичний журнал*. 2022. № 44 (3). С. 96–102. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i3.261975>.
- Гудак В., Кріль Т., Зацерковний В. Дистанційний моніторинг вертикальних зміщень земної поверхні як індикаторів деформації підземних споруд. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2025. № 1(108). С. 94–102. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.108.13>.
- Зацерковний В., Цюпа І., Остапенко Г., Де Донатіс М., Ільїн А. Аналіз наслідків землетрусів у Туреччині 06.02.2023 за даними радіолокаційної інтерферометрії. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2024. № 2(105). С. 111–118. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.105.15>.
- Іванік О., Шевчук В., Тустановська А., Гадацька К. Блоковий характер новітньої тектоніки середнього Придністров'я на основі карт різниць базисних поверхонь. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2024. № 1(104). С. 5–12. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.01>.
- Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Моніторинг сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині за результатами комплексних геофізичних спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 3(98). С. 42–48. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05>.
- Ігнатишин В., Малицький Д., Іжак Т., Молнар Д.С., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за результатами деформометричних спостережень у регіоні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2024а. № 1(104). С. 13–21. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.02>.
- Ігнатишин В., Малицький Д., Купальовський Б., Іжак Т., Молнар С., Рац А., Ігнатишин М., Ігнатишин А. Геофізичні аспекти сучасних горизонтальних рухів у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. *Геофізичний журнал*. 2025. № 47 (2). С. 221–225. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.320370>.
- 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*. 2024б. № (1). С. 32–47. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-1-4>.
- 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*. 2024в. № (2). С. 58–68. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-2-5>.
- Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Іжак Т.Й., Молнар Д.С.С., Рац А.Й., Ігнатишин А.В. Дослідження змін параметрів магнітного поля та поля деформацій у сейсмонебезпечних регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024г. № (3). С. 48–58. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-3-6>.
- Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Молнар Д.С.С. Електромагнітна емісія середовища як реакція на сейсмотектонічні процеси в сейсмогенеруючих регіонах. *Acta Academiae Beregsasiensis: Geographica Et Recreatio*. 2024д. № (4). С. 17–26. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-4-2>.

Ковачікова С., Логвінов І., Тарасов В. 2D та квазі-3D геоелектричні моделі Земної кори та верхньої мантії як можливе свідчення недавньої тектонічної активності в західній частині Українського щита. *Геодинаміка*. 2022. № 1(32). С. 99–118 <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.099>.

Козловський Е.М., Максимчук В.Ю., Малицький Д.В., Тимошук В.Р., Грицай О.Д., Пиріжок Н. Взаємозв'язок структурно-тектонічних та сейсмічних характеристик Центральної частини Закарпатського прогину. *Геодинаміка*. 2020. № 1(28). С. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.062>.

Кузьменко Е., Багрій С., Артим І., Артим В. Відображення розподілу механічних напруг в гірничих масивах у динаміці інтенсивності природного імпульсного електромагнітного поля Землі. *Геодинаміка*. 2022. № 2(33). С. 64–74. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.065>.

Лубков М. Моделювання зсувних деформацій під дією сили тяжіння. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 2(101). С. 25–30. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.101.03>.

Малицький Д., Асташкіна О., Пак Р., Гнип А., Добушовський М. Визначення параметрів вогнища землетрусу за даними обмеженої кількості сейсмічних станцій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2025. № 2(109). С. 59–63. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.109.08>.

Малицький Д., Фойтікова Л., Малек Я., Асташкіна О., Гнип А., Добушовський М., Пак Р., Мельник М., Нікулін В., Ігнатишин В. Тензор сейсмічного моменту та механізм осередку землетрусу 22 лютого 2024 року у східній Словаччині (12:54:15 UTC, 21.75°E, 49.03°N, глибина 9 км, ML3.0). *Геофізичний журнал*. 2025. № 47 (2). С. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322470>.

Назаревич А., Назаревич Л., Байрак Г., Пиріжок Н. Сейсмотектоніка зони перетину Оашського і Закарпатського глибинних розломів (Українське Закарпаття). *Геодинаміка*. 2022. № 2(33). С. 99–114 <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.100>.

Пирієв Р. Огляд електромагнітних моніторингових досліджень у прогнозі землетрусів: останні результати та нові перспективи. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. № 1(96). С. 40–45. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.96.06>.

Третяк К., Брусак І., Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС-станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка*. 2020. 1(28). С. 5–18. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.005>.

Третяк К., Брусак І. Сучасні деформації земної кори території Заходу України за даними ГНСС мережі «GEOTERRACE». *Геодинаміка*. 2022. № 1(32). С. 16–25 <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.016>.

Хевпа З., Долін В., Яковлев Є. Оцінка розвитку деформацій земної поверхні на шахтному полі Стебницького калійного родовища за даними гідрогеологічного моніторингу. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 4(103). С. 103–110. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.13>

Шевченко О., Бублясь В., Ошурок Д. Аналіз геофізичних, метеорологічних та гідрогеологічних даних для пояснення невідповідностей між інфільтрацією та атмосферними опадами. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2023. № 1(100). С. 111–123. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.100.13>.

Штогрин Л., Анікеєв С., Кузьменко Е., Багрій С. Відображення активності зсувних процесів у регіональних гравітаційному та магнітному полях (на прикладі Закарпатської області). *Геодинаміка*. 2021. № 1(30). С. 65–77 <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.065>.

References

Andrushchenko, Yu., Liashchuk, O., Farfuliak, L., Amashukeli, T., Khaniiev, O., Osadchyi, V., Petrenko, K., & Verbytskyi, S. (2022). Natsionalnyi seismolohichnyi biuletен Ukrainy za 2021 rik. [National Seismological Bulletin of Ukraine for 2021]. *Heofizychnyi zhurnal [Geophysical Journal]*, 44 (6), 162–180. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273649> [in Ukrainian].

Нгуп, А. (2022). Vyznachennia riznytsevykh koordynat i mekhanizmu vohnyshcha zemletrusiv poblyzu s. Trosnyk u Zakarpatti protiahom 2013-2015 rr.: Metodychni aspekty ta analiz rezultativ [Determination of differential coordinates and the mechanism of earthquake foci near the village of Trosnyk in Transcarpathia during 2013-2015: Methodological aspects and analysis of results]. *Heodynamika [Geodynamics]*. 2 (33). 50–63. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.050> [in Ukrainian].

Honchar, V. (2022). Znachennia poperechnoi deformatsiinoi zonalnosti ta palinspastychni rekonstruktsii Karpat na osnovi strukturnoho analizu skladchastosti [The significance of transverse deformation zoning and palispaistic reconstruction of the Carpathians based on structural analysis of folding]. *Heofizychnyi zhurnal [Geophysical Journal]*, 44 (3), 96–102. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i3.261975> [in Ukrainian].

Hudak, V., Kril T., & Zatserkovnyi, V. (2025). Dystantsiyni monitorynh vertykalnykh zmishchen zemnoi poverkhni yak indykatoriv deformatsii pidzemnykh sporud [Remote monitoring of vertical displacements of the earth's surface as indicators of deformation of underground structures]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 1(108), 94–102. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.108.13> [in English].

Zatserkovnyi, V., Tsiupa, I., OstapenkoH., De Donatis, M., & Ilin, L. (2024). Analiz naslidkiv zemletrusiv u Turechchyni 06.02.2023 za danymy radiolokatsiinoi interferometrii [Analysis of the consequences of earthquakes in Turkey on February 6, 2023, based on radar interferometry data]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 2 (105), 111–118. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.105.15> [in English].

Ivanik, O., Shevchuk, V., Tustanovska, L., & Hadiatska, K. (2024). Blokovyi kharakter novitnoi tektoniky serednoho prydniostrovia na osnovi kart riznyts bazysnykh poverkhon [Block nature of the latest tectonics of the Middle Dniester region based on maps of base surface differences]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 1(104), 5–12. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.01> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V., Malyskyi, D., Izhak, T., Ihnatyshyn, M., & Ihnatyshyn, A. (2022). Monitorynh seismotektonichnykh protsesiv u Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni za rezultaty kompleksnykh heofizychnykh sposterezhen [Monitoring of seismotectonic processes in the Transcarpathian internal trough based on the results of comprehensive geophysical observations]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 3 (98), 42–48. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V., Malyskyi, D., Izhak, T., Molnar, D.S.S., Ihnatyshyn, M., & Ihnatyshyn, A. (2024a). Heodynamichni stan Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu za rezultaty deformometrychnykh sposterezhen u rehioni [Geodynamic state of the Transcarpathian internal trough based on the results of deformometric observations in the region]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 1 (104), 13–21. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.104.02> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V.V., Izhak, T.Y., Molnar, D.S.S., & Rats, A.Y. (2024b). Meteorolohichni aspekt heodynamichnoho stanu Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu za 2021 rik [Meteorological aspect of the geodynamic state of the Transcarpathian internal trough in 2021]. *Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio [Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio]*, 1, 32–47. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-1-4> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V.V., Izhak, T.Y., & Molnar, D.S.S. (2024c). Radioaktyvnyi fon seredovyscha ta suchasni rukhy kory v Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni: seismichni aspekt [Meteorological aspect of the geodynamic state of the Transcarpathian internal trough in 2021]. *Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio [Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio]*, 2, 58–68. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-2-5> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V.V., Malyskyi, D.V., Izhak T.Y., Molnar, D.S.S., Rats, A.Y., & Ihnatyshyn, A.V. (2024d). Doslidzhennia zmin parametriv mahnitnoho polia ta polia deformatsii u seismonebezpechnykh rehionakh [Study of changes in magnetic field parameters and deformation fields in seismically hazardous regions]. *Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio [Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio]*, 3, 48–58. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-3-6> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V.V., Izhak T.Y., & Molnar, D.S.S. (2024e). Elektromahnitna emisiia seredovyscha yak reaktsiia na seismotektonichni protsesy v seismoheneruiuchykh rehionakh [Electromagnetic emission of the environment as a reaction to seismotectonic processes in seismogenic regions]. *Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio [Acta Academiae Beregsiensis: Geographica Et Recreatio]*, 4, 17–26. <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2024-4-2> [in Ukrainian].

Ihnatyshyn, V., Malytskyi, D., Kuplovskyi, B., Yizhak, T., Molnar, S., Rats, A., Ihnatyshyn, M., & Ihnatyshyn, A. (2025). Heofizychni aspekty suchasnykh horyzontalnykh rukhiv u tsentralnii chastyni Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu [Geophysical aspects of modern horizontal movements in the central part of the Transcarpathian internal trough]. *Heofizychnyi zhurnal [Geophysical Journal]*, 47 (2), 221–225. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.320370> [in Ukrainian].

Kovachikova, S., Lohvinov, I., & Tarasov, V. (2022). 2D ta kvazi-3D heoelektrychni modeli Zemnoi kory ta verkhnoi mantii yak mozhlyve svidchennia nedavnoi tektonichnoi aktyvnosti v zakhidnii chastyni Ukrainskoho shchyta [2D and quasi-3D geoelectric models of the Earth's crust and upper mantle as possible evidence of recent tectonic activity in the western part of the Ukrainian Shield]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 1 (32), 99–118. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.099> [in Ukrainian].

Kozlovskyi, E.M., Maksymchuk, V.Iu., Malytskyi, D.V., Tymoshchuk, V.R., Hrytsai, O.D., & Pyrizhok, N. (2020). Vzaïmozv'язok strukturno-tektonichnykh ta seismichnykh kharakterystyk Tsentralnoi chastyny Zakarpatskoho prohynu [Interrelation between structural-tectonic and seismic characteristics of the central part of the Transcarpathian depression]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 1 (28), 62–70. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.062> [in English].

Kuzmenko E., Bahrii S., Artym I., & Artym V. (2022). Vidobrazhennia rozpodilu mekhanichnykh napruh v hirnychkykh masyvakh u dynamitsi intensyvnosti pryrodnoho impulsnoho elektromahnitnoho polia Zemli [Reflection of mechanical stress distribution in rock masses in the dynamics of the intensity of the Earth's natural pulsed electromagnetic field]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 2 (33), 64–74. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.065> [in Ukrainian].

Lubkov, M. (2023). Moeliuvannia zsumnykh deformatsii pid diieiu syly tiazhinnia [Modeling of shear deformations under the action of gravity]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 2 (101), 25–30. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.101.03> [in Ukrainian].

Malytskyi, D., Astashkina, O., Pak, R., Hnyp, A., & Dobushovskyi, M. (2025). Vyznachennia parametriv vohnyshcha zemletrusu za danymy obmezhenoi kilkosti seismichnykh stantsii [Determination of earthquake epicenter parameters based on data from a limited number of seismic stations]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 2 (109), 59–63. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.109.08> [in Ukrainian].

Malytskyi, D., Foitikova, L., Malek, Ya., Astashkina, O., Hnyp, A., Dobushovskyi, M., Pak, R., Melnyk, M., Nikulin, V., & Ihnatyshyn, V. (2025). Tenzor seismichnoho momentu ta mekhanizm osередku zemletrusu 22 liutoho 2024 roku u skhidnii Slovachchyni (12:54:15 UTC, 21.75°E, 49.03°N, hlybyna 9 km, ML3.0) [Seismic moment tensor and mechanism of the earthquake on February 22, 2024, in eastern Slovakia (12:54:15 UTC, 21.75°E, 49.03°N, depth 9 km, ML3.0)]. *Heofizychnyi zhurnal [Geophysical Journal]*, 47 (2), 59–63. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322470> [in Ukrainian].

Nazarevych, A., Nazarevych, L., Bairak, H., & Pyrizhok, N. (2022). Seismotektonika zony peretynu Oashskoho i Zakarpatskoho hlybynnykh rozlomiv (Ukrainske Zakarpattia) [Seismotectonics of the intersection zone of the Oash and Transcarpathian deep faults (Ukrainian Transcarpathia) Seismotectonics of the intersection zone of the Oash and Transcarpathian deep faults (Ukrainian Transcarpathia)]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 2 (33), 99–114. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.100> [in Ukrainian].

Pyriiev, R. (2022). Ohliad elektromahnitnykh monitrynhovykh doslidzhen u prohnozi zemletrusiv: ostanni rezultaty ta novi perspektyvy [Review of electromagnetic monitoring studies in earthquake prediction: latest results and new prospects]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 1 (96), 40–45. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.96.06> [in English].

Tretiak, K., & Brusak, I. (2020). Doslidzhennia vzaïmozv'язku seismichnosti ta suchasnykh horyzontalnykh zmishchen za danymy permanentnykh HNSS-stantsii u Karpato-Balkanskomu rehioni [Investigation of the relationship between seismicity and modern horizontal displacements based on data from permanent GNSS stations in the Carpathian-Balkan region]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 1 (28), 5–18. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.005> [in English].

Tretiak, K., & Brusak, I. (2022). Suchasni deformatsii zemnoi kory terytorii Zakhodu Ukrainy za danymy HNSS merezhi «GEOTERRACE» [Modern deformations of the Earth's crust in western Ukraine according to data from the GEOTERRACE GNSS network Modern deformations of the Earth's

crust in western Ukraine according to data from the GEOTERRACE GNSS network]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 1 (32), 16–25. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.016> [in Ukrainian].

Khevpа, Z., Dolin, V., & Yakovliev, Ye. (2023). Otsinka rozvytku deformatsii zemnoi poverkhni na shakhtnomu poli Stebnytskoho kaliinoho rodovyshcha za danymy hidroheolohichnoho monitorynhu [Assessment of ground deformation development in the mining field of the Stebnyk potash deposit based on hydrogeological monitoring data]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 4 (103), 103–110. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.13> [in Ukrainian].

Shevchenko, O., Bublias, V., & Oshurok, D. (2023). Analiz heofizychnykh, meteorolohichnykh ta hidroheolohichnykh danykh dlia poiasnennia nevidpovidnostei mizh infiltratsiieiu ta atmosfernymy opadamy [Analysis of geophysical, meteorological, and hydrogeological data to explain discrepancies between infiltration and atmospheric precipitation]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology]*, 1 (100), 111–123. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.100.13> [in Ukrainian].

Shtohryn, L., Anikeiev, S., Kuzmenko, E., & Bahrii, S. (2021). Vidobrazhennia aktyvnosti zsumnykh protsesiv u rehionalnykh hravitatsiinomu ta mahnitnomu poliakh (na prykladi Zakarpatskoi oblasti) [Reflection of the activity of shear processes in regional gravitational and magnetic fields (on the example of Zakarpattia region)]. *Heodynamika [Geodynamics]*, 1(30), 65–77. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01> [in Ukrainian].

Отримано: 27.07.2025

Прийнято: 28.08.2025

Опубліковано: 17.10.2025

