

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.34

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.104.02>

Василь ІГНАТИШИН^{1,2}, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб., доц.
ORCID ID: 0000-0003-0727-2132
e-mail: rgstrs1962@i.ua

Дмитро МАЛИЦЬКИЙ³, д-р фіз.-мат. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0002-9156-739x
e-mail: dmalytskyy@gmail.com

Тібор ІЖАК^{2,3}, канд. геогр. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0002-0940-8947
e-mail: tiboras@kmf.uz.ua

Стефан МОЛНАР Д.^{2,3}, канд. географ. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136
e-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua

Моніка ІГНАТИШИН¹, пров. інж.
ORCID ID: 0009-0000-0154-282x
e-mail: sitkomonika@i.ua,

Адальберт ІГНАТИШИН¹, інж. II кат.
ORCID ID: 0009-0002-8597-2417
e-mail: Adalbert_Ihnatisin@i.ua

¹Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів, Україна

²Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II, Берегове, Україна

³Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів, Україна

ГЕОДИНАМІЧНИЙ СТАН ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЕФОРМОМЕТРИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У РЕГІОНІ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Вступ. Актуальність проведених досліджень викликана поступовим зростанням місцевої сейсмічності в регіоні, який займає своєрідне географічне положення, через який пролягають нафто-, газо- та продуктогонні, на території якого розташовані об'єкти критичної інфраструктури, що можуть потерпати в результаті дії підземної стихії. Важливо мати інформацію про рухи верхніх шарів земної кори, їх кінематику та динаміку, які суттєво впливають на напружено-деформований стан порід, вивільнення енергії геомеханічних процесів. Також необхідно дослідити вплив геодинаміки регіону на розрядку напружено-деформованого стану порід.

Методи. Методика дослідження полягає в побудові залежностей зміщень земної кори від часу, порівняння швидкостей та прискорень рухів кори в інтервалах аномальних сучасних горизонтальних рухів кори. Розраховано швидкості та прискорення рухів кори, проведено порівняння кінематики рухів та сейсмічності регіону. Застосовано кореляційний аналіз спостережуваних рядів. Для вирішення поставлених завдань використано результати спостережень горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за допомогою кварцового деформометра базою 24,5 м, змонтованого в штольні смт Королеве. Відомості про сейсмічний стан отримано за допомогою цифрових сейсмометрів, які функціонують на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Результати. Розглянуто геодинаміку Закарпатського внутрішнього прогину на основі спостережень сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, які за 2021 рік представлені розширеннями порід величиною $+12,61 \times 10^{-7}$. Проведено розрахунок фізичних параметрів георухів у регіоні та встановлено просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності, досліджено зв'язки сейсмічного та геодинамічного станів у Закарпатті за 2021 рік. Вивчено варіації зміщень верхніх шарів земної кори за весь період спостережень на пункті деформометричних спостережень у смт Королеве (1999–2021 рр.) та часовий розподіл місцевих підземних поштовхів.

Висновки. 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 та на наявність періодів коливання рухів кори тривалістю в 12 років: серед яких 2–3 роки виявлено знакозмінні процеси (розширення та стиснення порід, загальна величина зміщення коливається в області нульових рухів). Найбільш актуальним та важливим є періоди тривалістю 9–10 років, що йдуть за цими інтервалами затиштя, оскільки в цей час реєструються підземні поштовхи, також встановлено, що частота їх зростає. Активізація сейсмічності регіону спостерігається на фоні загального розширення порід, що відбувається за сталих вікових рухів кори. На сучасному етапі сучасні рухи кори перебувають у стані розширення порід, якщо така тенденція не зміниться, слід очікувати підвищення сейсмічності в регіоні.

Ключові слова: деформограф, сучасні горизонтальні рухи кори, швидкість рухів кори, прискорення зміщень порід, геодинамічний стан, землетруси, місцева сейсмічність, сейсмотектонічні процеси, Оашський глибинний розлом.

Вступ

Екологічний стан Закарпаття важливо розглядати і в плані впливу на нього сейсмотектонічних процесів у регіоні. Незважаючи на помірну сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину: реєстрацію одиноких відчутних підземних поштовхів на фоні численних малопотужних землетрусів в інтервалі річних вікових ходів сучасних

горизонтальних рухів кори та річних спостережень на деформометричних станціях, важливо проведення дослідження характеру рухів кори та розрахунок фізичних параметрів, що ці рухи описують. Закарпаття особливе тим, що тут на геологічних структурах тривалий час проводяться спостереження за сучасними горизонтальними рухами кори. Історія вимірювання деформацій

земної кори в регіоні триває з 80-х рр. XX ст. Тут багато років функціонували паралельно декілька горизонтальних деформометричних станцій: "Берегове-1", "Берегове-2", "Королеве". Деформометричні станції "Берегове-2" та "Королеве" працюють і сьогодні. Сейсмічність Закарпаття активізується в періоди інтенсивних рухів кори, виміряних на пункті деформографічних спостережень "Королеве". Аналіз деформометричних вимірювань показав, що рухи кори в Закарпатському внутрішньому прогині мають успадкований характер, розрахунок сучасних горизонтальних рухів кори підтвердив отримані раніше результати за допомогою інших геофізичних і геодезичних методів: загальне розширення кори з величиною вікового ходу $+10 \times 10^{-7}$. Попередні дослідження геодинаміки регіону вказали на кореляцію періодів інтенсивних рухів кори та проявів місцевої сейсмічності. Застосування фізичних параметрів геомеханічних рухів дало змогу відмітити зв'язок геодинамічного та сейсмічного станів регіону. Оскільки деформографічні спостереження в зоні Оашського глибинного розлому проводяться безперервно тривалий час, накопичено базу даних зміщень земної кори починаючи від 1999 р., то актуальним є продовження моніторингу сучасних горизонтальних рухів кори. Результати дослідження потрібні для комплексного вирішення екологічних проблем краю, зокрема їх геологічних аспектів. Збільшення періоду деформографічних спостережень розкриває можливість виділення періодичностей рухів кори, зокрема періодів так званих знакозмінних рухів, які важливі для визначення сейсмічної активізації регіону. Також важливо відзначити необхідність вивчення глобальних геологічних явищ, у період військового стану на території країни та використання краю для вирішення її економічних завдань. Актуальність проведення геодинамічних і сейсмологічних досліджень викликана, зокрема, підвищенням сейсмічності на планеті, в окремих регіонах та реєстрацією серії місцевих відчутних підземних поштовхів. Завдання дослідження полягає у виявленні зв'язків сучасних горизонтальних рухів кори із проявами місцевої сейсмічності, яка характерна міграцією епіцентрів землетрусів. Також важливо акцентувати, що питанню вивчення сейсмічності та рухів кори виміряних за допомогою стаціонарних деформографів у науковій літературі приділено незначну увагу, зокрема в зарубіжній. Отримані результати допоможуть у побудові моделі сейсмотектонічних процесів у сейсмогенеруючих регіонах, які характерні особливим географічним положенням.

Методи

Методика дослідження полягає в побудові залежностей зміщень земної кори від часу, розрахунок кінематичних параметрів георухів кори, а саме – швидкостей рухів, прискорень рухів, вікових ходів, проведено порівняння швидкостей та прискорень рухів кори в інтервалах аномальних сучасних горизонтальних рухів кори. Побудовано просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за 2021 р. Побудовано та проаналізовано сейсмотектонічні процеси за весь період спостереження – 1999–2021 рр. Використано кореляційний аналіз під час вивчення зв'язків кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори та часового розподілу місцевої сейсмічності. Для вирішення поставлених завдань використано результати спостережень горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за допомогою кварцового деформометра базою 24,5 м, змонтованого у штольні смт Королеве. Відомості про сейсмічний стан отримано за допомогою цифрових сейсмометрів, які функціонують на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Однією з особливостей просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності в Закарпатському внутрішньому прогині є прояв невеликої кількості підземних поштовхів, що спостерігаються відчутними населенням землетрусів – вони можуть не відбуватися протягом декількох років. У (Малицький та ін., 2018) представлена можливість визначити механізм вогнища землетрусу за даними малої кількості станцій, що особливо актуально в регіонах з порівняно невисоким рівнем місцевої сейсмічної активності, а зіставлення механізму землетрусу з даними про геологічну будову регіону дало змогу з'ясувати ймовірні тектонічні передумови землетрусу. Активно проводяться дослідження рухів земної кори за допомогою GNSS-станцій (Савчук, Янків-Вітковська, & Джуван, 2018). Поряд із сейсмічно активними регіонами проведено електромагнітний моніторинг, оскільки згідно з теоретичними викладками певні явища мають глобальне походження, підтверджено, що такі глобальні зв'язки між сейсмічними і електромагнітними подіями з високою ймовірністю існують (Семенов, Ладанівський, & Петрищев, 2018). Деформаційні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині складні: вони відрізняються як за напрямками, так і величинами сучасних горизонтальних рухів кори. Важливим є комплексний підхід, що дає змогу відтворити просторову картину динаміки змін гірничого масиву внаслідок природотехногенних факторів, а також фактор наявності режимних геодезичних спостережень для підтвердження безпеки розвитку деформаційних процесів та остаточного визначення стадії деформації гірничого масиву (Кузьменко та ін., 2019). На основі обчислених із GPS-даних моделі компонент горизонтальних деформацій знайдено швидкості головних значень і швидкості головних осей деформації земної кори, встановлено, що найбільші значення максимального зсуву в районах, розташованих навколо Українських Карпат, швидкість дилатації має схожий розподіл (Марченко та ін., 2019). На основі виконаних досліджень (Третяк, & Брусак, 2020) зроблено припущення, що кореляційний взаємозв'язок між горизонтальними деформаціями визначеними за даними GNSS і узагальненою сейсмічністю проявляється тільки в зонах субдукції, де є інтенсивна сейсмоактивність і мають прояви постійні деформації земної кори, що підтверджується проявом зон кореляцій, які розташовані вздовж однієї зі сторін активних розломів. На підставі аналізу інформації про геодинамічну і сейсмотектонічну ситуацію в районі майданчика розташування проєктованих споруд встановлено положення потенційних сейсмоактивних зон, в яких можуть виникати місцеві землетруси, та визначено сейсмотектонічний потенціал найближчих до майданчика сегментів розломів у термінах максимальних магнітуд (Купльовський та ін., 2020). Проведені дослідження, завдяки яким можна більш предметно визначити повні характеристики вогнищ землетрусів, швидкості та напрямки поширення сейсмічних хвиль відповідно до будови фундаменту та осадової товщі, що, у свою чергу, дає змогу доповнювати дані тривалого моніторингу екобезпечних природних і техногенних подій у Закарпатському внутрішньому прогині (Козловський та ін., 2020). Результати описаних у (Корчін та ін., 2020) досліджень дають можливість уточнити геолого-структурні особливості будови земної кори Закарпаття, інтерпретувати просторовий розподіл геофізичних полів та розшифрувати особливості місцевої геодинаміки і сейсмотектонічного процесу, уточнювати рівень і характер геоекологічних небезпек, ефективніше прогнозувати та досліджувати глибинно-просторовий розподіл

корисних копалин. Також у (Штогрин та ін., 2021) виявлено зв'язки між впливом розломних зон на зсувні процеси за їхнім відображенням у гравімагнітних полях, що можуть у майбутньому застосовуватись під час просторового прогнозування розвитку зсувів на територіях зі спорідненими структурно-тектонічними умовами. Обґрунтовано геологічну інформативність морфології анізотропних трансформацій потенціальних полів у дослідженні розломної тектоніки Українських Карпат та прилеглих прогинів застосування анізотропних трансформацій потенціальних полів сприятиме підвищенню достовірності та детальності простеження глибинних розломів (Анікеєв, & Розловська, 2021). Удосконалено систему інтерпретації отриманих результатів, за допомогою яких визначають локальні, регіональні та телесейсмічні події різної природи та енергетичного рівня для розв'язання певних практичних задач опрацювання та інтерпретації сейсмологічних даних і покращення оцінки активності тектонічних структур України (Андрущенко, & Ящук, 2021). Для дослідження глибинної будови південного заходу Українських Карпат, де розташована Карпатська аномалія електропровідності, у 2015 та 2020 рр. проведено сучасні синхронні магнітотелуричні дослідження та отримано просторово-часову картину розподілу геомагнітних варіацій та електричного поля на поверхні Землі, за якою можна оцінити електропровідність та геоелектричну структуру регіону (Кушнір та ін., 2021). Деформації території Заходу України є складними і лише частково співвідносяться з відомою тектонічною будовою в регіоні, на схилах Українського щита помітна кореляція вертикальних зміщень та глибини залягання поверхні кристалічних порід, зони стиску виділяються на Закарпатті, що відповідає території Закарпатського глибинного розлому, а також на північному заході регіону, згідно з геодинамічною інтерпретацією аномальних зон деформацій (Третяк, & Брусак, 2022). Вивчення динаміки розвитку зсувів у межах зсувонебезпечних територій за даними супутникової інтерферометрії в поєднанні з даними літолого-стратиграфічних, геоморфологічних і структурно-тектонічних досліджень дає змогу отримати результати для прогнозування розвитку цих процесів і мінімізації їхнього негативного впливу на природно-техногенні системи (Углицьких, Вижва, & Іванік, 2020). У даний період обстановка тангенціального стиснення в Карпатах зберігається, про це свідчать поля стиснення по тектонофізичних і сейсмологічних даних, у верхній частині кори накладається розтягнення під дією гравітаційних сил (Муровська, Амашукелі, & Альохін, 2019). Представлено картину тектонічних процесів, яка побудована на основі геодезичних результатів та вказує на хорошу кореляцію з геофізичними аномаліями (магнітні, гравітаційні аномалії, вогнища землетрусів тощо) (Pospíšil, Švábenský, & Weigel, 2013). Під час вивчення горизонтального руху відмічено нерівномірну деформацію, а саме, зареєстровано максимальне зменшення швидкості та виявлено, що деформація поверхні Землі передуює землетрусу (Gojatanov, 2014). Комплексні геофізичні спостереження та дослідження сеймотектонічних процесів у Закарпатті та їх зв'язків із геофізичними полями показали вплив сучасних рухів кори на місцеву сейсмічність і кореляцію варіацій параметрів метеорологічного, гідрологічного та гідрогеологічного станів регіону

з періодами інтенсивних рухів верхніх шарів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому (Ігнатишин та ін., 2018, 2019, 2022).

Результати

1. Режимні геофізичні спостереження в Закарпатському внутрішньому прогині. На території Закарпаття тривалий період проводяться наукові дослідження геодинаміки та сеймотектоніки регіону. Тут функціонує мережа режимних геофізичних станцій, сейсмічних станцій і пунктів деформометричних спостережень Карпатського відділення та Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (рис. 1).

Початок деформометричних спостережень у Закарпатті закладено у 1980-х рр., коли було змонтовано перший кварцовий деформограф у штольні на г. Мужіївській (Берегівський район, Закарпатська обл.). Тут у штольні було встановлено два горизонтальних кварцових деформометри базами 11,5 та 20 м (48,23°, 22,65°). За результатами спостережень на деформометричній станції "Мужієво" визначено головні осі деформації: стиснення в близько широтному напрямку та розтяг у близько меридіональному. Паралельно із спостереженнями на станції "Мужієво", проведено монтажні роботи зі встановлення комплекту деформометричних станцій на Режимній геофізичній станції "Берегове" на околиці м. Берегове. Два кварцових деформометри були змонтовані у штольні РГС "Берегове" взаємно перпендикулярно (48,22°, 22,70°), бази деформометрів 6 та 24,5 м відповідно. Результати деформометричних спостережень на даній станції підтвердили характер рухів, визначених на деформометричній станції "Мужієво". Важливим етапом у вивченні сучасних горизонтальних рухів у Закарпатському внутрішньому прогині, зокрема у східній його частині, є деформометричні спостереження на станції "Королеве" (23,14°, 48,16°). У Вигорлат-Гутинському вулканічному пасмі, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому, змонтовано кварцовий деформограф базою 24,5 м. На цій станції реєструється інтенсивне розширення порід у широтному напрямку величиною $+10 \times 10^{-7}$. Деформометричні спостереження на пункті деформометричних спостережень "Королеве" почалися в 1999 р., азимут деформометра становить 80°. Отримані результати дають характеристику геологічним процесам у регіоні – область молодого вулканізму, висока рухливість земної кори. Відмічено зв'язок сейсмічної активності в регіоні та сучасних горизонтальних рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині за досліджуваний період. На території Закарпаття періодично реєструються місцеві землетруси, серед яких відбуваються і відчутні підземні поштовхи. На основі аналізу сейсмологічних спостережень у регіоні вказано на активізацію місцевої сейсмічності: на фоні багатьох землетрусів малого енергетичного класу реєструються також відчутні підземні поштовхи (1–2 події на рік). Останні сейсмічні дослідження в Закарпатському внутрішньому прогині показали на наявність так званих періодів затишся, що стосується відчутних місцевих землетрусів. Останній такий період тривав з липня 2015 р. по січень 2020 р., коли було зареєстровано відчутний місцевий землетрус інтенсивністю в 4 бали за шкалою MSK-64 в Берегівському районі Закарпатської області.

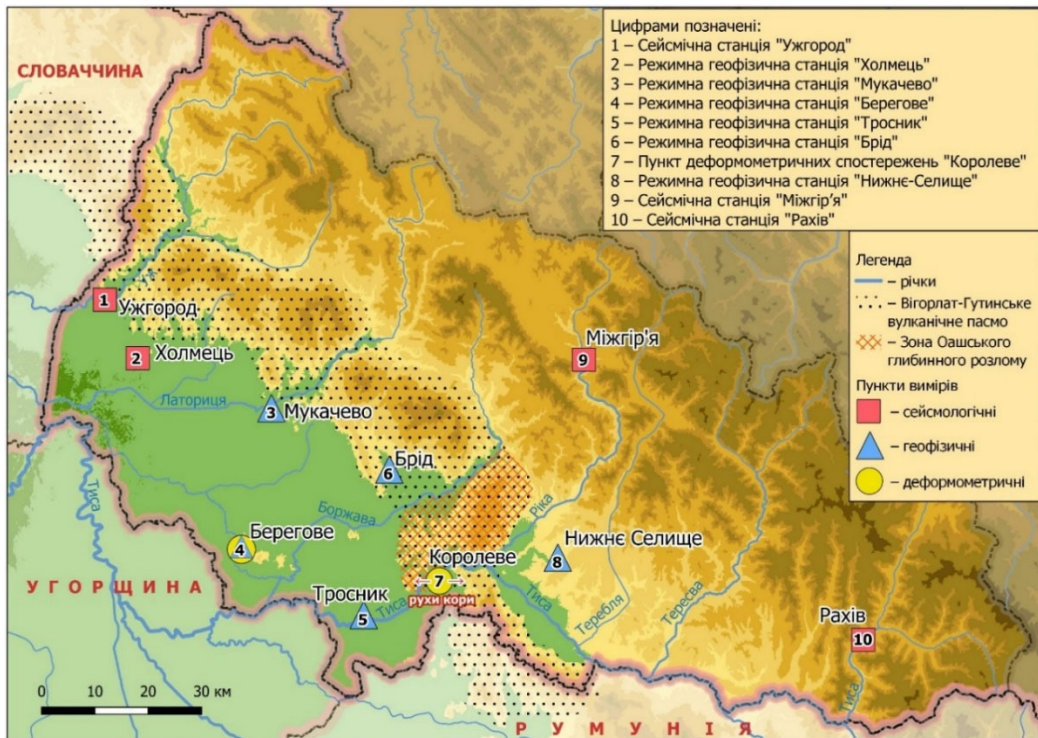


Рис. 1. Мережа комплексних режимних геофізичних, сейсмічних станцій та пунктів деформометричних спостережень Карпатського відділення та Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України на території Закарпатського внутрішнього прогину

Деформометр змонтований на пункті деформометричних спостережень "Королєве" базою 24,5 м характерний підсиленням 0,138 мкм на 1 мм запису на деформограммі. За результатами деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому за 2021 р. розраховано зміщення кори, яке становить +31 мкм. Розрахунок деформацій земної кори за результатами спостережень сучасних горизонтальних рухів кори за 2021 р. дає результат: +1261 нстр, $(+12.61 \times 10^{-7})$. Варіації зміщень земної кори в зоні Оашського глибинного розлому за досліджуваний період лежать в інтервалі від 15 діб до 1 місяців, 3 місяців. Починаючи від травня 2021 р., встановлено, що відбувається розширення порід до грудня 2021 р., коли розширення змінилося на стиснення порід.

Проведено побудову просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності за 2021 р. За період з початку року

до серпня 2021 р. на території Закарпатського внутрішнього прогину сейсмічними станціями Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України зареєстровано 117 місцевих землетрусів, що підтверджує минулорічні спостереження щодо частоти прояву місцевої сейсмічності. Також необхідно відзначити, що в жовтні 2021 р. було зареєстровано відчутний місцевий землетрус у Березівському районі. Реєстрація відчутних місцевих землетрусів вказує на періодичність сейсмотектонічних процесів у регіоні. Відносно місячного розподілу місцевої сейсмічності вказано на інтенсивну сейсмічність у перші п'ять місяців року та в липні 2021 р.

Завдяки проведеному аналізу просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та сучасних горизонтальних рухів кори за 2021 р. відзначено особливості сейсмотектонічного процесу в Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 2).



Рис. 2. Сейсмічний стан у Закарпатському внутрішньому прогині (діаграма сірого кольору), сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому(крива чорного кольору). 2021 рік

Вивчення зв'язків між параметрами сейсмічного стану та геодинамічного стану регіону за досліджуваний період показало, що землетруси реєструвалися в періоди, коли рухи кори характеризувалися зміною знаків зміщення гірських порід у зоні Оашського глибинного розлому. Більшість підземних поштовхів відбувалися під час локальних стиснень верхніх шарів земної кори.

2. Кінематика сучасних горизонтальних рухів у регіоні. Проведено аналіз варіацій швидкостей сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2021 р. та їх кінематичних параметрів. Розраховано швидкості геомеханічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині, зокрема визначено середньорічну величину швидкості зміщень верхніх шарів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому за

2021 р., що становить 0,097 мкм/добу. Представлено часовий розподіл величин швидкостей сучасних горизонтальних рухів кори за 2021 р. у центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Амплітуда коливання розрахованих величин швидкості сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому варіює в інтервалі від 0,07 мкм/добу до 2,5 мкм/добу. Періоди коливання кінематичних параметрів рухів кори становлять приблизно 20 діб в січні-лютому 2021 р. та у другій половині року. Можливо, це спричинено сезонними варіаціями геофізичних параметрів, припливними деформаціями. Виконано дослідження просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності за 2021 р. та їх зв'язок із кінематикою сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні (рис. 3).



Рис. 3. Кінематика сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) у 2021 році. Закарпатський внутрішній прогин

Періоди підвищеної сейсмічної активності Закарпатського внутрішнього прогину корелюють із періодами геодинамічного стану, коли швидкості сучасних горизонтальних рухів кори характерні підвищеними величинами відмінними від фону в декілька разів. Також сейсмічність регіону проявлялась в періоди, що характеризувалися як підвищеними величинами швидкостей руху кори, так і періодами коливання розрахованого параметра геомеханічних рухів, що виражається їх подібністю та ростом амплітуди швидкості зміщення верхніх шарів земної кори.

Отже, за результатами проведених досліджень просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та варіацій розрахованих швидкостей зміщень сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому відзначено зв'язок варіацій параметрів геофізичних полів з кореляцією періодів аномальних величин сейсмотектонічних процесів. Зокрема місцевий землетрус 27 жовтня 2021 р. відбувся в період максимуму швидкостей сучасних горизонтальних рухів кори, що вказує на важливий зв'язок досліджуваного параметра геодинамічного стану регіону та можливість використання даного параметра під час вивчення стану підготовки та розрядки напружено-деформованого стану порід у сейсмонезбезпечному регіоні.

3. Динаміка сучасних горизонтальних рухів кори на Пункті деформометричних спостережень "Королеве" за 2021 рік та їх зв'язок із сейсмічними процесами в Закарпатському внутрішньому прогині. Проведено вивчення просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину за 2021 р. та варіацій прискорення сучасних горизонтальних рухів кори виміряних на деформометричній станції "Королеве". Середня

величина прискорення сучасних горизонтальних рухів кори в 2021 р. в зоні Оашського глибинного розлому становить +0,018 мкм/добу. Початок року: січень-лютий характерний інтенсивними рухами кори та відповідно аномальними величинами прискорення рухів кори, що відрізняються від основних фонових значень у декілька разів. Максимальна амплітуда прискорення рухів кори становить 4,8 мкм/добу. Відчутний місцевий землетрус 27 жовтня 2021 р. відбувся в інтервалі часу, коли параметр динаміки регіону перебував у стані зростання, тобто в цей період земна кора перебуває в процесі розширення порід, що змінив стиснення порід. Дослідження періодичності у варіаціях параметра геодинаміки регіону вказало на діапазон зміни прискорення рухів кори від 2 до 30 діб, причому інтенсивні рухи кори початку року зменшують свої значення до першої половини року. Друга половина року характерна поступовим зростанням амплітуди коливання прискорення рухів кори та зменшенням періоду коливання величини прискорення, відчутний місцевий землетрус відбувся в періоди знакозмінного процесу в сучасних горизонтальних рухах кори зони Оашського глибинного розлому (рис. 4).

Аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності в 2021 р. та варіації прискорення сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому виявив той факт, що періоди підвищеної сейсмічності регіону та часові інтервали, де параметри динаміки георухів відмічені як збільшені протягом двох тижнів, корелюють між собою. Отже, параметри динаміки горизонтальних рухів кори є індикатором напруженого деформованого стану порід та можуть бути застосовані під час розв'язання екологічних проблем регіону геологічного характеру.



Рис. 4. Прискорення рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива сірого кольору), сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину (діаграма чорного кольору). 2021 рік

Представлено геомеханічні процеси в зоні Оашського глибинного процесу за весь період деформометричних спостережень у регіоні. Деформометричні дослідження в зоні Оашського глибинного розлому почалися в 1999 р. за допомогою горизонтального кварцового деформографа базою 24,5 м (азимут становить 80°). Характер рухів кори за досліджуваний період представлений розширеннями порід величиною +466,164 мкм ($4661,64 \times 10^{-7}$).

Період тривалістю з 1999 по 2001 р. відзначений як розширення порід величиною +182 мкм (7460 нстр). Період тривалістю 2,3 року характерний як інтервал зі

сталою швидкістю рухів (тобто за цей період величина зміщення порід не змінилася). За цим періодом інтенсивних рухів кори та сталим положенням точки спостереження відбуваються інтенсивне розширення протягом 7,4 років з величиною +300 мкм. Інтенсивне розширення порід переходить у період рухів кори, що характеризується коливаннями величиною 8,3 мкм та частотою 1–1,5 років.

Вивчено зв'язок місцевої сейсмічності з геодинамічним станом, побудовано просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (рис. 5).

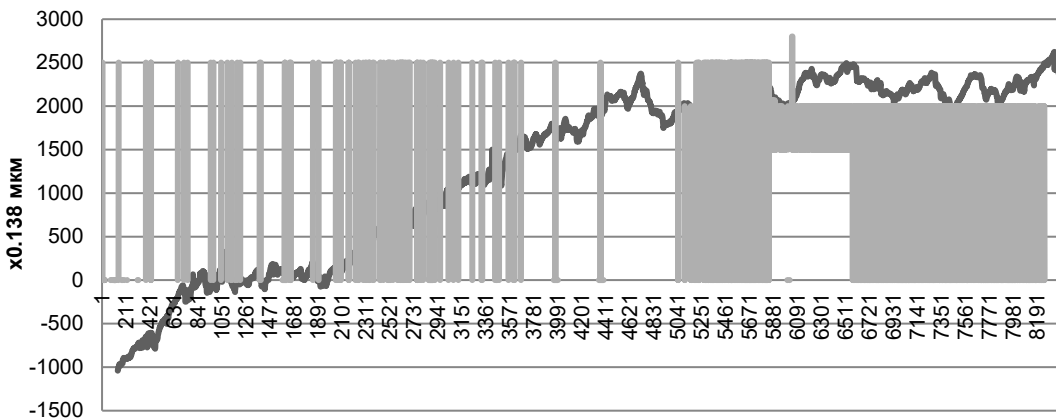


Рис. 5. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за період спостереження 1999–2021 рр. (крива чорного кольору); місцева сейсмічність (діаграма сірого кольору)

Аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та порівняння його із зміщеннями верхніх шарів земної кори показав особливості геодинамічного стану регіону. З початку спостережень у Закарпатському внутрішньому прогині сейсмічність регіону представлена землетрусами з періодами близько одного року, що стосується інтенсивного розширення та періоду геодинамічного затишшя. Також слід відмітити інтервал тривалістю 4,2 року, що супроводжується активізацією сейсмічності та переходить у подібний інтервал, характерний сейсмічним затишшям. У 2012 р. інтенсивне розширення порід переходить у фазу стиснення, завершення якої є початком періоду сейсмічної активізації регіону. Виділяють часовий інтервал 2021 р., коли сучасні горизонтальні рухи кори представлені інтенсивним розширенням порід, що може бути початком періоду інтенсивних знакозмінних

процесів, зокрема – розширення порід. Сейсмічна активізація регіону за останні 5 років характерна проявом численних підземних поштовхів (100–200 місцевих землетрусів). На початку 2020 р. в Берегівському районі відбувся місцевий відчутний землетрус, який проявився вперше після 19 липня 2015 р., коли було зареєстровано серію місцевих землетрусів, у тому числі і відчутних (Тячівський район, смт Буштино).

Дискусія і висновки

Проведені геофізичні спостереження в Закарпатському внутрішньому прогині, їх обробка та аналіз приводить до таких висновків: сучасні горизонтальні рухи в зоні Оашського глибинного розлому характерні періодичностями, що тривають певні інтервали часу, зокрема вікові ходи деформацій у регіоні змінюються протягом року. Величина деформацій в регіоні представлена

розширеннями порід величиною $+12,61 \times 10^{-7}$. Ця величина підтверджує успадкованість сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні: вікові ходи лежать в інтервалі -15×10^{-7} та $+30 \times 10^{-7}$, що характерно для рухів верхніх шарів земної кори в Карпато-Балканському регіоні. Розраховано фізичні параметри георухів у регіоні: швидкості горизонтальних рухів кори та їх динаміку; прискорення зміщення точки спостереження в зоні Оашського глибинного розлому. Визначено середньорічну величину швидкості зміщень верхніх шарів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2021 р., що становить $0,097$ мкм/добу. Аналіз часового розподілу швидкостей сучасних горизонтальних рухів кори в досліджуваному регіоні показав факт кореляції часових інтервалів інтенсивних рухів кори, аномальних величин швидкостей рухів кори та місцевої сейсмічності. Проведено розрахунок прискорення рухів кори за 2021 р., побудовано просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіацій величини прискорення рухів у зоні Оашського глибинного розлому: величина прискорення георухів становить $+0,018$ мкм/добу. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіації прискорення сучасних горизонтальних рухів показав кореляцію інтенсивних рухів кори та їх динамічних змін із періодами реєстрації місцевих землетрусів, зокрема їх відчутної частини. Відчутний місцевий землетрус у жовтні 2021 р. на території Берегівського району (на межі сіл Тросник та Фанчико) зареєстрований при стисненні порід на фоні сезонного розширення порід, у періоді розрахованих підвищених величин швидкостей і прискорень сучасних горизонтальних рухів кори. Отримані результати деформометричних спостережень за означений період роблять внесок у загальну картину сучасних горизонтальних рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині, а саме підтверджують отримані в попередніх дослідженнях висновки: загальне розширення порід величиною $+10 \times 10^{-7}$. На регіональному рівні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому суттєво відрізняються від характеру рухів кори в зоні Берегівського горбогір'я. Така тенденція знакозмінних рухів кори в минулому супроводжувалася підвищенням сейсмічності регіону, зокрема реєстрацією сильних підземних поштовхів (Берегівський землетрус 1965 р.). Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та сучасних горизонтальних рухів кори за весь період деформометричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому показав наявність періодів коливання рухів кори тривалістю 12 років: 2–3 роки знакозмінні процеси (розширення та стиснення порід, загальна величина зміщення коливається в області нульових рухів). Найбільш актуальним та важливим є періоди, що йдуть за цими інтервалами затишшя, саме в цей час реєструються підземні поштовхи, причому їх частота зростає. Підвищення сейсмічності регіону відбувається на фоні загального розширення порід за сталих вікових рухів кори. На сучасному етапі сучасні рухи кори перебувають у стані розширення порід, якщо така тенденція не зміниться, слід очікувати підвищення сейсмічності в регіоні. Отримані результати дослідження та геологічна будова регіону актуалізує розширення географічного деформометричних спостережень, зокрема в Тячівському та Мукачівському районах, що останнім часом відзначені як регіони сейсмічної активізації – тут реєструють потужні місцеві землетруси, що відчуває населення краю. Результати досліджень геодинамічного стану Закарпаття, як сейсмогенеруючого регіону, важливі в плані використання їх під час розв'язання екологічних проблем краю, зокрема його геологічного аспекту.

Внесок авторів: Василь Ігнатишин – концептуалізація, формальний аналіз, аналіз джерел, підготування огляду літератури; Дмитро Малицький – методологія; Тібор Іжак – написання (оригінальна чернетка); Стефан Молнар – програмне забезпечення; Моніка Ігнатишин – написання (перегляд і редагування), спостереження, систематизація бази даних; Адальберт Ігнатишин – валідація, організація спостережень.

Список використаних джерел

- Андрущенко, Ю., & Ляшук, О. (2021). Локальні сейсмологічні мережі атомних електростанцій України як складові частини національної системи сейсмологічного моніторингу. *Геодинаміка*, 2(31), 84–91.
- Анікеев, С., & Розловська, С. (2021). Анізотропні трансформації регіональних гравімагнітних полів південного сходу Українських Карпат. *Геодинаміка*, 2(31), 66–83.
- Ігнатишин, В. В., Іжак, Т. Й., Ігнатишин, А. В., & Ігнатишин, М. Б. (2018). Зв'язок електромагнітної емісії низькочастотного діапазону з геодинамічним та сейсмічним станами Закарпаття в 2017 році. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія "Географічні науки"*, 9, 115–122.
- Ігнатишин, В. В., Іжак, Т. Й., Ігнатишин, М. Б., & Ігнатишин, А. В. (2019). Меторологічні аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія "Географічні науки"*, 10, 137–145. <https://doi.org/10.32999/KSU2413-7391>
- Ігнатишин, В. В., Малицький, Д. В., Іжак, Т. Й., Ігнатишин, М. Б., & Ігнатишин, А. В. (2022). Гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 98(3), 42–48. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05>
- Козловський, Е. М., Максимчук, В. Ю., Малицький, Д. В., Тимошук, В. Р., Грицай, О. Д., & Пиріжок, Н. Б. (2020). Взаємозв'язок структурно-тектонічних та сейсмічних характеристик Центральної частини Закарпатського прогину. *Геодинаміка*, 1(28), 62–70.
- Корчін, В. О., Русаков, О. М., Буртний, П. О., & Карнаухова, О. Е. (2020). Походження зон низької густини в кристалічній корі Закарпатського прогину (Україна) за даними петрофізичного термобаричного моделювання. *Геодинаміка*, 1(28), 81–93.
- Кузьменко, Е. Д., Максимчук, В. Ю., Багрій, С. М., Сапужак, О. Я., Чепурний, І. В., Дешиця, С. А., & Дзьоба, У. О. (2019). Комплексування методів електророзвідки у задачах прогнозування техногенних просідань і провалів на родовищах солі Передкарпаття. *Геодинаміка*, 2(27), 54–65.
- Купльовський, Б., Бубняк, І., Волошин, П., Павлюк, О., Крук, О., & Тривога, І. (2020). Вплив локальних сейсмотектонічних та інженерно-геологічних умов на сейсмічну безпеку територій (на прикладі майданчика забудови в м. Ужгород). *Геодинаміка*, 1(28), 29–37.
- Кушнір, А., Бурахович, Т., Ільєнко, В., & Ширков, Б. (2021). Сучасні магнітопетрологічні дослідження Українських Карпат. *Геодинаміка*, 2(31), 92–101.
- Малицький, Д. В., Гніп, А. Р., Грицай, О. Д., Асташкіна, О. А., & Парфенюк, А. Й. (2018). Визначення параметрів вогнища за хвильовими формами малих землетрусів у Карпатському регіоні України. *Геофізичний журнал*, 40(6), 136–149. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151041>
- Марченко, О. М., Перій, С. С., Ломпас, О. В., Голубінка, Ю. І., Марченко, Д. О., Крамаренко, С., & Abdulwasiiu Salawu (2019). Визначення тензора швидкостей горизонтальних деформацій в Західній Україні. *Геодинаміка*, 2(27), 5–15. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.005>
- Муровська, А. В., Амашукелі, Т. А., & Альохін, В. (2019). Поля напружень і деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофізичний журнал*, 41(2), 84–98. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164455>
- Савчук, С. Г., Янків-Вітковська, Л. М., & Джуман, Б. А. (2018). Вплив сейсмічних процесів, Сонця і Місяця на малі зміни координат GNSS-станцій. *Геодинаміка*, 2(25), 15–26.
- Семенов, В. Ю., Ладанівський, Б. Т., & Петрищев, М. С. (2018). Виявлення проявів землетрусів у варіаціях природного електромагнітного поля. *Геодинаміка*, 2(25), 65–70.
- Третяк, К. Р., Брусак, І. В. (2020). Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка*, 1(28), 5–18.
- Третяк, К., & Брусак, І. (2022). Сучасні деформації земної кори території заходу України за даними ГНСС мережі "GEOTERRACE". *Геодинаміка*, 1(32), 16–25.
- Углицьких, Є., Вижива, С., & Іванік, О. (2020). Моніторинг вертикальних зміщень земної поверхні території Закарпаття за даними радарної інтерферометрії. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 4(91), 94–99.
- Штогрин, Л., Анікеев, С., Кузьменко, Е., & Багрій, С. (2021). Відображення активності зсувних процесів у регіональних гравітаційному та магнітному полях (на прикладі Закарпатської області). *Геодинаміка*, 1(30), 65–67.
- Gojmanov, M. (2014). The stability of the geodetic pointsin connection with geodynamic processes in Azerbaijan. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 11, 3(175), 279–288. <https://doi.org/10.13168/AGG.2014.0012>
- Pospišil, L., Švábenský, O., & Weigel, J. (2013). Movement tendencies in the Moravia region: kinematical model. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 10, 3(171), 41–44.

References

- Andrushchenko, Yu., & Liashchuk, O. (2021). Local seismological networks of nuclear power plants of Ukraine as components of the national seismological monitoring system. *Geodynamika*, 2(31), 84–91 [in Ukrainian].
- Anikeiev, S., Rozlovska, S. (2021). Anisotropic transformations of regional gravi-magnetic fields of the Ukrainian Southeast Carpathian. *Geodynamika*, 2(31), 66–83 [in Ukrainian].
- Gojmanov, M. (2014). The stability of the geodetic points in connection with geodynamic processes in Azerbaijan. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 11, 3(175), 279–288. <https://doi.org/10.13168/AGG.2014.0012>
- Ihnatyshyn, V. V., Izhak, T. Y., Ihnatyshyn, A. V., & Ihnatyshyn, M. B. (2018). The Communication of electromagnetic emissions of low-frequency range with geodynamic and seismic states of Transcarpathia in 2017. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Geographical Sciences"*, 9, 115–122 [in Ukrainian].
- Ihnatyshyn, V. V., Izhak, T. Y., Ihnatyshyn, M. B., & Ihnatyshyn, A. V. (2019). Meteorological aspect of the geodynamic state of the Transcarpathy infrastructure. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Geographical Sciences"*, 10, 137–145 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32999/KSU2413-7391>
- Ihnatyshyn, V. V., Malyskyi, D. V., Izhak, T. Y., Ihnatyshyn, M. B., & Ihnatyshyn, A. V. (2022). Hydrogeological aspect of seismotectonic processes in the Transcarpathian internal depression. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 98(3), 42–48. [in Ukrainian]. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05>
- Kozlovskiy, E. M., Maksymchuk, V. Yu., Malyskyi, D. V., Tymoshchuk, V. R., Hrytsai, O. D., & Pyrizhok, N. B. (2020). Structural-tectonic and seismic characteristics relationships in the Central part of the Transcarpathian internal depression. *Geodynamika*, 1(28), 62–70 [in Ukrainian].
- Korchin, V. O., Rusakov, O. M., Burtnyi, P. O., & Karnaukhova, O. E. (2020). The origin of the low density zones in the crystalline crust of the Transcarpathian depression (Ukraine) from petrophysical thermobaric modelling. *Geodynamika*, 1(28), 81–93 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.081>
- Kuzmenko, E. D., Maksymchuk, V. Yu., Bahrii, S. M., Sapuzhak, O. Ya., Chepurnyi, I. V., Deshchytisia, S. A., & Dzoba, U. O. (2019). Integration of electric prospecting methods for forecasting the subsidence and sinkholes within the salt deposits in the Precarpathian area. *Geodynamika*, 2(27), 54–65 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.054>
- Kuplovskiy, B. Ye., Bubniak, I. M., Voloshyn, P. K., Pavliuk, O., Kruk, O., & Trevoho, I. (2020). Influence of local seismotectonic and engineering-geological conditions on seismic danger of territories (exemplified by a construction site in Uzhgorod city). *Geodynamika*, 1(28), 29–37 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.029>
- Kushnir, A., Burakhovych, T., Ilienکو, V., & Shyrkov, B. (2021). Modern magnetotelluric researches of the Ukrainian Carpathians. *Geodynamika*, 2(31), 92–101 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.02.092>
- Malyskyi, D., Hryp, A., Hrytsai, O., Murovska, A., Kravets, S., Kozlovskiy, E., & Mykyta, A., (2018). Source mechanism and tectonic setting of 29.09.2017 earthquake near Stebnyk. *Geodynamika*, 1(24), 100–110 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.01.100>
- Marchenko, O. M., Perii, S. S., Lompas, O. V., Holubinka, Yu. I., Marchenko, D. O., Kramarenko, S., & Abdulwasii Salawu. (2019). Determination of the horizontal strain rates tensor in Western Ukraine. *Geodynamika*, 2(27), 5–15 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.02.005>
- Murovska, A. V., Amashukeli, T. A., & Alokhin, V. (2019). Stress fields and deformational regimes within the limits of the Ukrainian part of the East Carpathians according to tectonophysical data. *Geophysical Journal*, 41(2), 84–98 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.24028/gz.0203-3100.v41i2.2019.164455>
- Pospíšil, L., Svábenský, O. and Weigel, J. (2013). Movement tendencies in the Moravia region: kinematical model. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 10, 3(171), 41–44.
- Savchuk, S. H., Yankiv-Vitkovska, L. M., & Dzhuman, B. A. (2018). The influences of seismic processes, the Sun and the Moon on the small changes of coordinates of GNSS-stations. *Geodynamika*, 2(25), 15–26 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.02.015>
- Semenov, V. Yu., Ladanivskiy, B. T., & Petrishchev, M. S. (2018). Emergence of earthquakes footprint in natural electromagnetic field variations. *Geodynamika*, 2(25), 65–70 [in Ukrainian].
- Shtohryn, L., Anikeiev, S., Kuzmenok, E., & Bahrii, S. (2021). Reflection of the activity of landslide processes in the regional gravitational and magnetic fields (on the example of the Transcarpathian region). *Geodynamika*, 1(30), 65–67 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.065>
- Tretiak, K. R., & Brusak, I. V. (2020). The research of interrelation between seismic activity and modern horizontal movements of the Carpathian-Balkan region based on the data from permanent GNSS stations. *Geodynamika*, 1(28), 5–18 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.01.005>
- Tretiak, K., & Brusak, I. (2022). Modern deformations of Earth crust of territory of Western Ukraine based on "GEOTERRACE" GNSS network data. *Geodynamika*, 1(32), 16–25 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.016>
- Uhlytskykh, Ye., Vyzhva, S., & Ivanik, O. (2020). Vertical displacement monitoring of Zakarpattia region territory based on radar interferometry data. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4(91), 94–99 [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 19.10.23
Прорецензовано / Revised: 04.01.24
Схвалено до друку / Accepted: 21.02.24

Vasyl IHNATYSHYN^{1,2}, PhD (Phys. & Math.), Senior Research, Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0003-0727-2132
e-mail: rgstrs1962@i.ua

Dmytro MALYTSKYI³, DSc (Phys. & Math.), Prof.
ORCID ID: 0000-0002-9156-739x
e-mail: dmalytskyy@gmail.com

Tibor IZHAK^{2,3}, PhD (Geogr.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0002-0940-8947
e-mail: tiboras@kmf.uz.ua

Stefan MOLNAR^{2,3}, PhD (Geogr.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136
e-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua

Monika IHNATYSHYN¹, Leading Engineer
ORCID ID: 0009-0000-0154-282x
e-mail: sitkomonika@i.ua

Adalbert IHNATYSHYN¹, Engineer of II cat.
ORCID ID: 0009-0002-8597-2417
e-mail: Adalbert_Ihnatisin@i.ua

¹Institute of Geophysics by S.I. Subbotin name of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

²Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine

³Carpathian Branch of S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

GEODYNAMIC STATE OF THE TRANSCARPATHIAN INNER TROUGH BASED ON THE RESULTS OF DEFORMATION MONITORING OBSERVATIONS IN THE REGION

Background. The relevance of the research is determined by the gradual increase in local seismicity in the region, which occupies a peculiar geographical location, through which oil, gas and product pipelines pass, and in which critical infrastructure facilities are located that may be affected by the underground natural disaster. It is important to have information on the movements of the upper layers of the Earth's crust, their kinematics and dynamics, which significantly affect the stress-strain state of rocks and the release of energy from geomechanic processes. It is also necessary to investigate the influence of the region's geodynamics on the discharge of the stress-strain state of rocks.

Methods. The research methodology is to construct time-dependent crustal displacements and compare velocities and accelerations of crustal movements in the intervals of anomalous modern lateral movements of the Earth's crust. The velocities and accelerations of crustal movements are calculated, the kinematics of movements and seismicity of the region are compared. Correlation analysis of the observed series is applied. To solve the tasks, we used the results of observations of horizontal crustal movements in the Oař deep-seated fault area using a quartz

strain gauge with a base of 24.5 m mounted in the adit of the Korolevo urban-type settlement. The seismic data were obtained using digital seismometers operating at the monitoring geophysical station of the Seismicity Department of the Carpathian region of S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine.

R e s u l t s . The article discusses the geodynamics of the Transcarpathian Inner Trough based on observations of modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaşh deep-seated fault area, which in 2021 were represented by rock extensions of $+12.61 \times 10^{-7}$. The physical parameters of geomotion in the region were calculated, the spatiotemporal distribution of local seismicity was established, and the relationship between seismic and geodynamic states in Transcarpathia in 2021 was studied. The variations of displacements of the upper layers of the Earth's crust over the entire period of deformation monitoring observations in Korolevo urban-type settlement (1999–2021) and the temporal distribution of local underground shocks were studied.

C o n c l u s i o n s . The analysis of the spatio-temporal distribution of local seismicity and modern lateral movements of the Earth's crust over the entire period of deformation monitoring observations in the Oaşh deep-seated fault area has indicated an increase in the seismicity of the region in the intervals of intense crustal movements and the presence of periods of crustal movement fluctuations for 12 years: familiar variable processes (expansion and contraction of rocks, the total magnitude of displacement fluctuations in the region of zero movements) were detected for 2–3 years. The most relevant and important are the periods of 9–10 years following these calm intervals, since during this time earthquakes are recorded and their frequency is also found to be increasing. The intensification of seismicity in the region is observed against the background of general rock extension, which occurs due to the steady age-related crustal movements. At the present stage, the current crustal movements are in a state of rock expansion, and if this trend does not change, an increase in seismicity in the region should be expected.

K e y w o r d s : deformation gauge, modern lateral movements of the Earth's crust, crustal velocity, acceleration of rock motion, geodynamic state, earthquakes, local seismicity, seismotectonic processes, Oaşh deep-seated fault.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.