

ground surface into soil and surface runoff through ancient karst structures in the form of ascending sources. This is confirmed by the calculations of the water balance of groundwater and lakes by the hydrodynamic method of groundwater analysis. these objects, including Lake Svityaz, are geological and hydrogeological objects of nature and require special ecological care and protection.

Key words: karst, karst lakes, groundwater, water balance, hydrothermal coefficient, surface runoff, underground water exchange.

УДК: 550-3

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4782607>

Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б.

ОЦІНКА ВАРІАЦІЙ ЗМІН ШВИДКОСТЕЙ ГЕОМЕХАНІЧНИХ РУХІВ ЗЕМНОЇ КОРИ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СЕЙСМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

Розглянуто результати досліджень геодинамічного та сейсмічного стану Закарпатського внутрішнього прогину в 2019 році. Показано спектр геофізичних спостережень в регіоні, що позиціонується як сейсмогенеруючий, де протягом року сейсмічними станціями Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України реєструються чисельні сейсмічні події, серед яких відбуваються відчутні місцеві землетруси, що є індикатором сеймотектонічних процесів у Карпатському регіоні. Актуальність дослідження геофізичних явищ в регіоні викликана відсутністю протягом тривалого періоду землетрусів відчутного класу, що в свою чергу підвищує ймовірність прояву сейсмічності через серію підземних відучених подій. Вивчається зв'язок просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності у 2019 році та характеру сучасних горизонтальних рухів кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Використовується розраховані фізичні характеристики геомеханічних рухів кори, зокрема швидкість добових зміщень верхніх шарів земної кори. Відмічено зв'язок інтервалів аномальних рухів кори із періодами сейсмічної активізації. Частота прояву місцевої сейсмічності залежить від модуля величини швидкості сучасних горизонтальних рухів: чим швидше стискаються або розширюються породи тим більша кількість землетрусів місцевого значення реєструється сейсмічними станціями.

Ключові слова: геодинамічний стан, сучасні горизонтальні рухи кори, сейсмічність регіону, землетруси, кінематичні параметри рухів кори, швидкість рухів, зона Оаиського глибинного розлому, Закарпатський внутрішній прогин.

Постановка проблеми. Вирішення питання створення моделі сеймотектонічних процесів в сейсмонебезпечних зонах – актуальна задача, що стоїть перед дослідниками та допоможе розв'язувати інші питання пов'язані із екологічним станом регіону. Закарпаття – регіон України, де відбуваються місцеві зем-

© Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., 2021.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: March 17, 2021;

Final revision: March 21, 2020; Accepted: March 30, 2021.

летрусів, що реєструються сейсмічними станціями, обладнаними на спеціальних пунктах спостережень: режимних геофізичних станціях, сейсмічних станціях та деформометричних пунктах спостережень. Тривалий період геофізичні дослідження на території геологічних структур Закарпаття проводиться структурами Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України: Відділом сейсмічності Карпатського регіону та Карпатським відділенням Інституту геофізики імені С.І. Субботіна НАН України.

Територія Закарпаття помережена сіткою стаціонарних пунктів геофізичного моніторингу, що працюють по всьому регіону. На режимних геофізичних станціях проводяться спостереження параметрів метеорологічного, гідрогеологічного, сейсмічного станів, радіоактивного фону середовища, досліджується магнітне поле Землі, через вимірювання вектора магнітної індукції та його складових, спостерігають за електромагнітною індукцією. На режимних геофізичних станціях, на яких є спеціальні штольні, або підземні приміщення (глибокі підвали) змонтовано унікальні прилади для вимірювання горизонтальних рухів кори-кварцові деформометри.

На території Закарпаття у різний період функціонували три пункти деформометричних спостережень: у 80-і роки два горизонтальні деформографи на пункті спостережень «Мужієве» (с. Мужієве, Берегівського району); на Режимній геофізичній станції «Берегове-2» (с. Чопівка, Берегівського району) змонтовано два взаємно перпендикулярні деформометри у підвалі. Для вивчення характеру рухів кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому, було змонтовано горизонтальний кварцовий деформограф в штольні на Замковій горі в смт Королеве, Виноградівського району). В окремі періоди проводилися спостереження рухів кори за допомогою нахиломірів (РГС «Берегове»), параметрів радіоактивності середовища, вимірювалися теплове поле, температуру, акустичну емісію, радіоактивність на глибині 830 м в свердловині №831 на РГС «Тросник». За результатами досліджень отримано важливі висновки про геологічну будову, геомеханічні процеси, варіації геофізичних полів, сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, Берегівського горбогір'я, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності, вплив факторів-завад на протікання сейсмотектонічних процесів в регіоні, відгуки геофізичних полів на інтенсивні рухи кори, прояви місцевої сейсмічності.

Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину представлена періодичністю, характерною проявом серії місцевих землетрусів, в тому числі і відчутних. На фоні десятків слабких землетрусів, що реєструються протягом року, час від часу відбуваються підземні поштовхи більшої сили, які несуть вже загрозу екологічному стану регіону. Необхідно відмітити про зв'язок рухів кори із

сейсмічністю регіону в періоди, відмічені інтенсивними рухами, що характерні аномальними величинами. За результатами деформометричних досліджень в Карпато-Балканському регіоні встановлено величини горизонтальних рухів які лежать в діапазоні від $+10 \cdot 10^{-7}$ до $-30 \cdot 10^{-7}$.

За результатами досліджень геодинамічного стану регіону та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності відмічено факт зв'язку активізації місцевої сейсмічності із напрямком рухів, з періодом зміни напрямків рухів. Знакозмінні процеси в сучасних горизонтальних рухах є фактором, який супроводжується підвищенням частоти прояву місцевої сейсмічності, таких періодів в сучасних горизонтальних рухах кори в зоні Оашського глибинного розлому за період спостережень з 1999 року відмічено 2 такі інтервали. За період з 2003 року по 2011 рік в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину відмічено розширення порід із середнім віковим ходом величиною $+10 \cdot 10^{-7}$. Цей період характерний підвищеною сейсмічністю в регіоні, йому передував інтервал часу понижених або від'ємних швидкостей. В 2012 році розширення порід змінилося на стиснення: $-10 \cdot 10^{-7}$. Період 2012-2018 рр. відмічений як період знакозмінних георухів, в 2019 році відмічено розширення порід величиною $+6,5 \cdot 10^{-7}$.

Важливість вимірювань параметрів геодинамічного стану крім виявлення особливостей геофізичних полів, полягає у вдосконаленні методів дослідження та розширення застосування спектру математичних методів. Застосування кінематичних параметрів рухів кори дозволяє виділяти інтервали часу з аномальними георухами та порівнювати їх із періодами розрядки напружено-деформованого стану порід в сейсмогенеруючих регіонах. Результати досліджень важливі при проведенні занять гуртків природничої спрямованості МАН України (Відділення наук про Землю, фізики та астрономії, технічних наук). Методика спостережень, обробки рядів геофізичних полів важливі при викладанні у вищих навчальних закладах підготовки, геофізиків, геологів, географів та інших природничих спеціальностей.

Для представлення картини результатів вивчення сейсмонебезпечних процесів в регіонах з можливими екологічними проблемами, важливо мати уявлення про рівень вивчення проблем сучасною наукою. Тому результати геологічних, геофізичних та інших досліджень представлених проблем необхідно врахувати при геофізичних та геодинамічних дослідженнях в досліджуваному регіоні.

Для достовірної оцінки напружено-деформованого стану гірських порід і відповідно для прогнозування карстових процесів і деформацій, пов'язаних із наявністю видобувних камер і розвитком карсту, можна застосовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ). У реальних

прикладом показано результати профільних та площинних досліджень, які свідчать про ефективність методу ПЕМПЗ для вирішення еколого-геологічних задач [1]. У нижній частині кори, спостерігається розвиток коро-мантії суміші, тож земна кора області має яскраво виражену фізико-геологічну неоднорідність, яка створює нестабільність літостатичного тиску, що є передумовою появи додаткових напружень [2]. Відмічено, що особливості просторового розподілу сейсмічних швидкостей в земній корі в подальшому можуть бути використані при створенні комплексної геолого-геофізичної моделі земної кори Українського щита та для геологічної інтерпретації даних регіональних сейсмічних досліджень [3].

Оскільки небезпечні явища (надзвичайні ситуації) відбуваються на певній території, яка має конкретні координати, зрозуміло, що для оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій найбільш доцільно використовувати геоінформаційні системи (ГІС) та геоінформаційні технології (ГІТ) [4]. Установлено, що існують критичні величини деформації, при досягненні яких в однорідно деформованих пружних ізотропних середовищах не можуть поширюватися пружні поздовжні й поперечні хвилі з речовинною швидкістю, а кількісні значення критичних величин деформацій для поздовжніх і поперечних хвиль відрізняються та залежать від застосованих пружних потенціалів [5]. При розгляді ключових проблем планетарної геодинаміки фігура нашої планети представляє істотний інтерес, оскільки зміни її поверхні нерозривно пов'язані з геодинамічними і тектонічними процесами, з еволюцією Землі. Представлено характеристики напружено-деформаційного стану літосфери Землі за даними моделювання геопалеорекострукцій в геологічному часі, інтерпретацію ролі гравітаційно-ротаційних сил у формуванні глобального поля деформацій і напружень як наслідок трансформації фігури поверхні літосфери Землі [6].

Деформації земної поверхні відображають процеси глибинної динаміки Землі, які виникають унаслідок поступово-обертвого руху планети в просторі. У дослідженні деформацій земної поверхні проведено вивчення горизонтальних та вертикальної складових поля деформацій на основі технологій супутникової геодезії, що забезпечило можливість моніторингу і вивчення тривимірного поля деформацій за допомогою сучасних методів [7]. Геодезичний моніторинг деформаційних процесів на геодинамічних полігонах (ГП) відбувається переважно без урахування впливу екзогенних чинників метеорологічного походження на динаміку земної поверхні та реперів.

Для успішного виділення тектонічних чи техногенних рухів із усього спектра зареєстрованих переміщень земної поверхні потрібно вилучити їх гідрометеорологічну складову. Об'ємні деформації зумовлюють сезонні вертикальні рухи, величина яких залежить від фізичних та мінералогічних властивостей

грунту, особливостей навколишнього середовища та амплітуди річних коливань температури і вологи [8]. За даними мереж ГНСС-станцій у період з 2010-2019 рр. проаналізовано горизонтальні деформації території Карпато-Балканського регіону та побудовано карти розподілу швидкостей дилатацій, за даними сейсмічних станцій визначено параметри узагальненої сейсмічності. Територія високої кореляції також співпадає з зоною Вранча, кореляційний взаємозв'язок між горизонтальними деформаціями визначеними за даними ГНСС і узагальненою сейсмічністю проявляється тільки у зонах субдукції, де є інтенсивна сейсмоактивність і мають прояви постійні деформації земної кори [9]. Сейсмотектонічний потенціал активізованих сегментів розломів встановлюється на основі усієї сукупності даних про зв'язок між довжиною та магнітудою приурочених до нього максимальних за енергетикою землетрусів.

На основі аналізу інформації про геодинамічну і сейсмотектонічну ситуацію в районі розташування проєктованих споруд встановлено положення потенційних сейсмоактивних зон, в яких можуть виникати місцеві землетруси [10]. Представлено результати геофізичних спостережень при вивченні геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину, відмічено зв'язок рухів кори із проявами місцевої сейсмічності [11]. Встановлено зв'язок деформацій земної кори в зоні Оашського глибинного розлому-стиснення порід після періоду розширення, із сейсмічністю Закарпаття, землетруси реєструються в періоди аномальних рухів: стиснення та розширення за короткий період [12].

Проведено дослідження зв'язку кінематики сучасних горизонтальних рухів земної кори та сейсмічного стану Закарпатського внутрішнього прогину, відмічено кореляцію параметрів геомеханічних рухів із просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності [13]. Показано особливості просторово-часового розподілу сейсмічності Карпатського регіону та геодинамічного стану регіону: варіації параметрів сучасних горизонтальних рухів кори, зокрема їх динамічних характеристик-прискорення супроводжуються періодичним проявом місцевої сейсмічності [14].

Формулювання мети (завдань) дослідження. Згідно актуальності наукових досліджень сейсмотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині та отриманих результатів попереднього моніторингу досліджуваних явищ, метою роботи є вивчення просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, характеру сучасних горизонтальних рухів кори, дослідження зв'язків геодинамічного стану регіону із можливими екологічно небезпечними процесами. Об'єкт дослідження – сейсмотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині: сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, сейсмічна активізація регіону в 2019 році. Предмет дослідження: вплив геодинаміки регіону на прояв місцевої сейсмічної активності через вико-

ристання фізичних параметрів геомеханічних рухів земної кори – швидкості добових зміщень земної кори в горизонтальному напрямку в зоні Оашського глибинного розлому. Для вирішення поставленої мети дослідження необхідно вирішити геофізичні задачі:

- вивчити просторово-часовий розподіл сейсмічності Карпатського регіону;
- показати характер сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому;
- розрахувати кінематику сучасних горизонтальних рухів кори;
- порівняти інтервали аномальних варіацій спостережуваних геофізичних полів на предмет виявлення їх взаємозв'язку;
- удосконалення методики аналізу спостережуваних явищ;
- отримання висновків та підготовка пропозицій.

Матеріал і методи досліджень. Основою для регіональних досліджень, згідно поставлених мети та завдань, використано реальні результати комплексу геофізичних спостережень в Закарпатському внутрішньому прогину, що проводяться на пунктах геофізичних та сейсмічних досліджень. На території Закарпаття геофізичними проблемами займаються установи Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, зокрема, Карпатського відділення та Відділу сейсмічності Карпатського регіону.

Отримані результати спостереження параметрів сейсмічного та геодинамічного станів регіону за квітень листопад 2019 року, проаналізовано, розраховано кінематику сучасних горизонтальних рухів – швидкість добових зміщень на пункті деформометричних спостережень в смт. Королеве Закарпатської області, побудовано розподіл місцевої сейсмічності в часовому діапазоні інтервалу дослідження, порівняно отримані ряди на предмет виявлення кореляційного зв'язку, зроблено висновки.

Отримані результати вивчення зв'язку кінематичних характеристик геофізичних полів поповнять базу даних геофізичного моніторингу сейсмогенеруючих регіонів. За рахунок дослідження удосконалюється методика аналізу екологічного стану регіону.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Згідно методики дослідження проведено вивчення сейсмічності регіону, характеру сучасних горизонтальних рухів на Пункті деформометричних досліджень «Королеве», розраховано величини швидкостей рухів кори визначено особливості сейсмічності та геодинаміки Закарпатського внутрішнього прогину за період з липня по листопад 2019 року.

Липень 2019 року. У липні 2019 р. на території Закарпаття було 5 місцевих землетрусів. Розширення порід характерне швидкостями $+3,88 \cdot 10^{-7}$ (рис. 1).



Рис. 1. Швидкість рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в липні 2019 року

Середньодобова величина швидкості руху становить: $+0,125 \cdot 10^{-7}$. Розподіл сейсмічності в Закарпатті представлений на рисунку 2.



Рис. 2. Сейсмічність регіону (діаграма чорного кольору) та розподіл швидкостей рухів кори (крива сірого кольору) в Закарпатському внутрішньому прогині у липні 2019 року

Сейсмічність регіону пов'язана із процесом стиснення порід, також слід відмітити, що зареєстровані землетруси відносяться до розряду слабких землетрусів.

Серпень 2019 року. В серпні 2019 року в регіоні зареєстровано 4 місцеві землетруси, виміряно розширення порід із швидкостями $+3,8 \cdot 10^{-7}$. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіації швидкостей рухів кори показано на рисунках 3, 4.



Рис. 3. Варіації швидкостей рухів кори в серпні 2019 року в Закарпатському внутрішньому прогині

За цей період швидкість рухів становить $+0,12 \cdot 10^{-7}$. Землетруси зареєстровано в періоди динамічних змін швидкостей рухів (рис. 4).

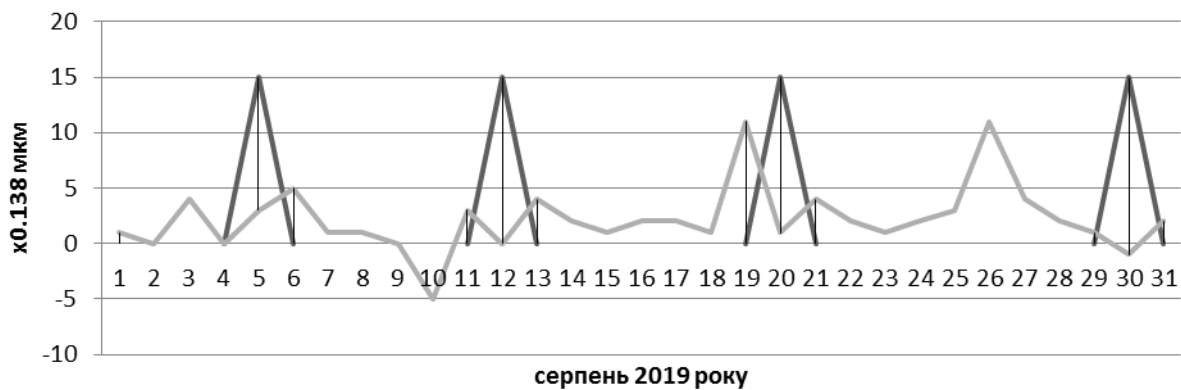


Рис. 4. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (діаграма чорного кольору), розподіл швидкостей рухів кори (крива сірого кольору) в серпні 2019 р. Закарпатський внутрішній прогин

Сейсмічність регіону прив'язана до рухів кори, які характерні підвищеними динамічними параметрами величини сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому-причому всі зареєстровані місцеві землетруси відбувалися в інтервалах часу, коли на ПДС «Королеве» відмічено стиснення порід, а відносно кінематики рухів кори це відбувалося при від'ємних швидкостях рухів земної кори.

Вересень 2019 року. У вересні 2019 року відбулося 6 землетрусів, швидкість рухів кори становить $+3,21 \cdot 10^{-7}$. Цей період характерний інтенсивним розширенням порід (рисунок 5).



Рис. 5. Швидкість рухів кори в вересні 2019 року у Закарпатському внутрішньому прогині

Середньодобові величини швидкостей у вересні 2019 році становить $+0,1 \cdot 10^{-7}$. Порівняно із часовим розподілом місцевої сейсмічності, що виявити кількісні характеристики рухів кори, що супроводжують активізацію сейсмічного стану регіону (рисунок 6).

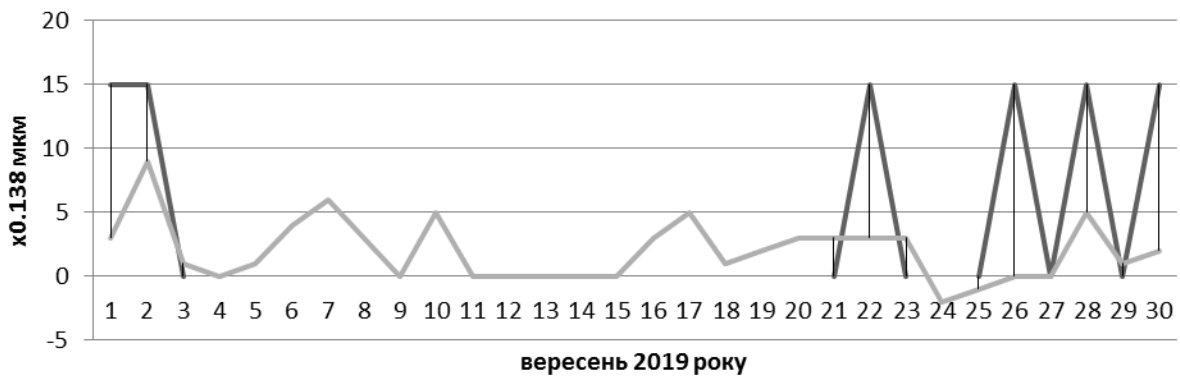


Рис. 6. Кінематичні параметри рухів кори (крива сірого кольору) та місцева сейсмічність (діаграма чорного кольору) в Закарпатському внутрішньому прогині (вересень 2019 року)

Декілька землетрусів пройшли в періоди розширення порід в зоні Оашського глибинного розлому на тлі загального стиснення кори у вересні 2019 року.

Жовтень 2019 року. В жовтні зареєстровано 12 місцевих землетрусів, швидкості рухів становлять $+5 \cdot 10^{-7}$. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіацій швидкостей рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому представлені на рисунку 7.



Рис. 7. Швидкості рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в жовтні 2019 року

Середня швидкість рухів кори за добу становить $+0.17 \cdot 10^{-7}$. Розподіл сейсмічності та динаміка рухів кори в жовтні 2019 року представлені на рисунку 8.

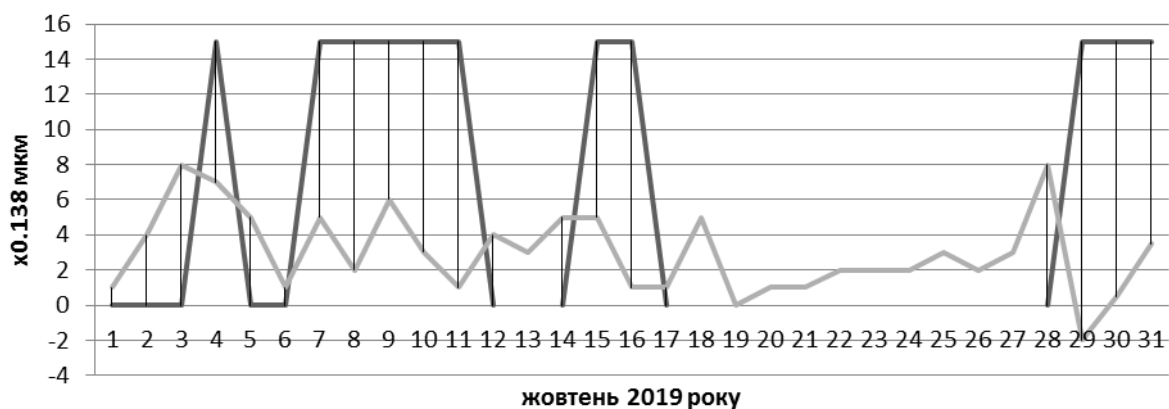


Рис. 8. Сейсмічність регіону (діаграма чорного кольору) та швидкість рухів кори (крива сірого кольору) в Закарпатському внутрішньому прогині за жовтень 2019 року

Серія землетрусів проходила в період інтенсивних рухів кори на початку місяця, та аномальних швидкостей в кінці періоду спостереження, що свідчить про взаємозв'язок рухів кори та швидких рухів кори викликаних сейсмічними проявами. Таким чином, представлення сучасних рухів кори через кінематику рухів дозволяє групувати інтервали сейсмотектонічних процесів, які взаємопов'язані.

Листопад 2019 року. В листопаді пройшло 16 землетрусів на території Закарпатського внутрішнього прогину, зареєстровано розширення порід із величиною $+1 \cdot 6 \times 10^{-7}$ (рисунок 9).

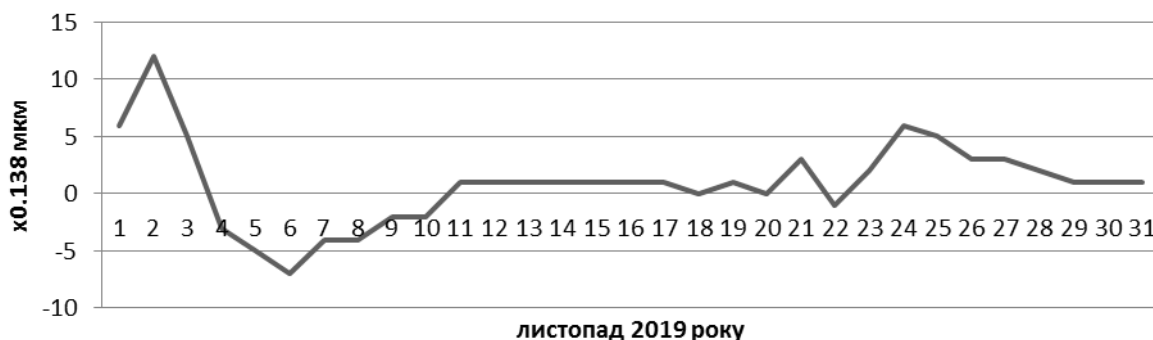


Рис. 9. Варіації швидкостей рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому за листопад 2019 року

Швидкість рухів кори: середня швидкість за добу становить $+0,01 \cdot 10^{-7}$ (рисунок 10). Періоди підвищеної сейсмічності в регіоні супроводжуються періодами аномальних швидкостей рухів кори на початку місяця та в третій декаді місяця.



Рис. 10. Сейсмічність регіону (діаграма чорного кольору) та варіації швидкостей рухів кори (крива сірого кольору) в листопаді 2019 року (Закарпатський внутрішній прогин)

Таким чином, сейсмічність регіону та його активізація відбувається в інтервалах, коли швидкість рухів кори інтенсивно змінюється.

Відмічається зв'язок швидкостей рухів із сейсмічністю регіону: інтервали аномальних величин швидкостей рухів кори супроводжуються підвищеною частотою прояву місцевих підземних поштовхів-чим більші модулі швидкостей рухів кори, тим вища величина кількості зареєстрованих землетрусів в краї.

Варіації швидкостей рухів та місцева сейсмічність за 2019 рік в Закарпатському внутрішньому прогині.

Досліджено часовий розподіл швидкостей горизонтальних рухів кори за 2019 рік в зоні Оашського глибинного розлому (рисунок 11).

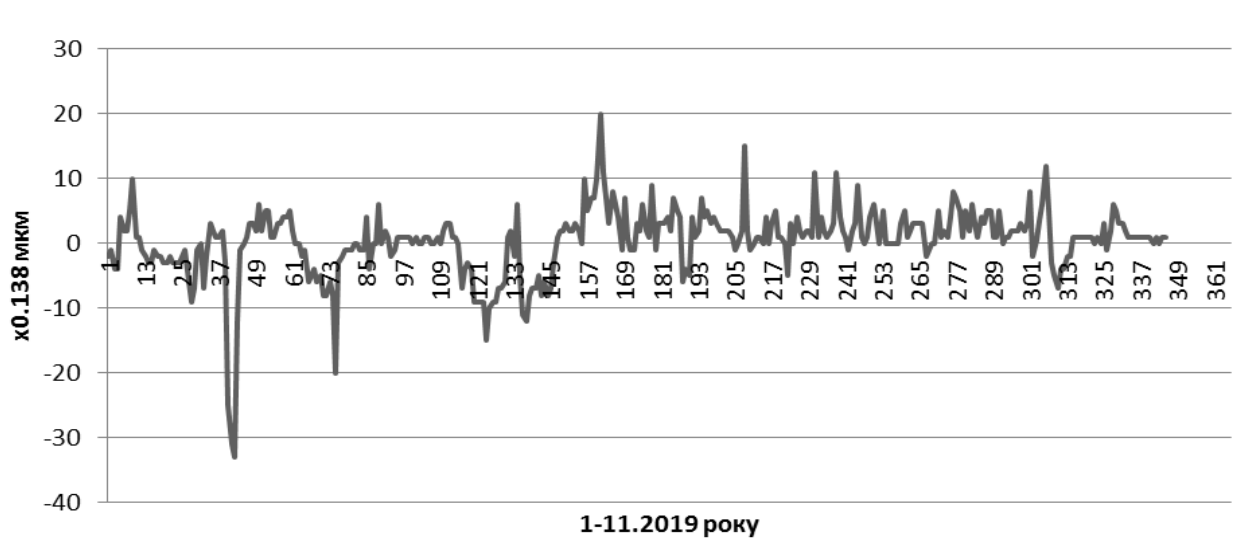


Рис. 11. Швидкість рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому протягом 1-11.2019 року

Часовий розподіл величин швидкості сучасних горизонтальних рухів кори за період 2019 р. показав особливості варіацій кінематики геомеханіки регіону. На протязі перших 5-ти місяців 2019 р. сучасні рухи кори в горизонтальному напрямку відмічені періодичності, що проявляється і інтервалах тривалістю 1-1,5 місяців, коли швидкості рухів досягають величини: -4 мкм, +1,4 мкм. Друга половина року характерна швидкостями, періоди прояву яких на порядок менші.

Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіацію швидкостей сучасних горизонтальних рухів представлено на рисунку 12.

Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності в 2019 році представляє періодичний процес, коли більшість сейсмічних подій зареєстровано в першій половині року, очевидно це пов'язано із інтенсивними рухами кори, що супроводжуються накопиченням великої геомеханічної енергії. Енергія цих рухів вивільняється через серію місцевих землетрусів. Періоди реєстрації місцевих землетрусів пов'язані із рухами кори, а саме із від'ємними швидкостями добових зміщень земної кори. Таким чином, використання кінематичних характеристик необхідно застосовувати при вивченні причинно-наслідкових зв'язків сейсмотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині.

Результати важливі для вивчення просторово-часового розподілу енергії сейсмотектонічних процесів. Необхідно вивчити зв'язок рухів кори та розрядку

напружено-деформованого стану порід в північно-західній частині та південно-східній частині Закарпатського внутрішнього прогину.

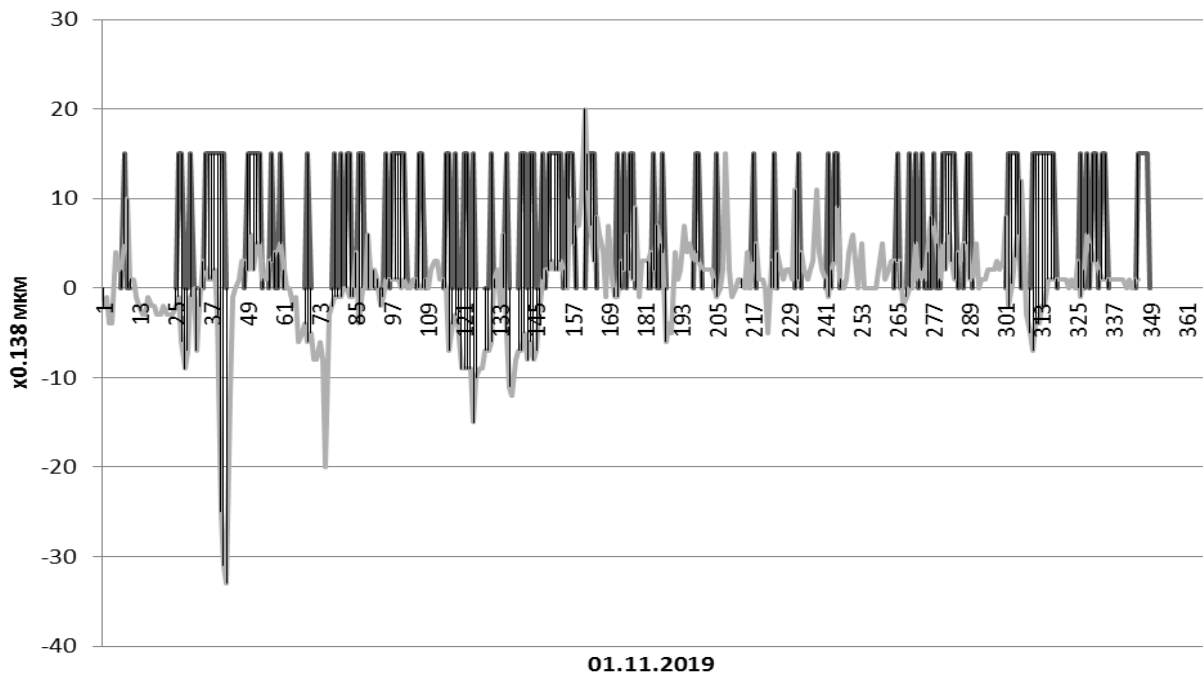


Рис. 12. Варіації швидкостей рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива сірого кольору), просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (крива сірого кольору) за 1-11.2019 року (Закарпатський внутрішній прогин)

Для вирішення цих питань важливо змонтувати пункти спостереження рухів кори в районах сейсмічної активності Закарпаття, де встановити деформометричні станції, нахиломіри та інші прилади вимірювання зміщень верхніх шарів земної кори.

Висновки. Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину характерна декількома відчутними місцевими землетрусами на фоні десятків слабких місцевих поштовхів. Актуальність вивчення сейсмічності регіону викликана також відсутністю відчутних місцевих землетрусів протягом тривалого періоду – 4,5 років.

Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому відмічені в 2019 році величиною $+6,5 \cdot 10^{-7}$. Триває період знакозмінного процесу в рухах кори, що супроводжується підвищеними величинами сейсмічності регіону.

Сейсмічність регіону прив'язана до рухів кори, характерними підвищеними динамічними параметрами величини сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому: землетруси відбувалися в інтервалах часу, при від'ємних швидкостях рухів земної кори.

Підвищення сейсмічної активності Закарпатського внутрішнього прогину в 2019 році вказує на її зв'язок із величиною швидкості рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому: в першій половині 2019 року зміщення верхніх шарів

земної кори досягає максимумів, характерних підвищеними величинами швидкостей рухів кори як стиснення так і розширення. Швидкість стиснення порід за добу сягає -4 мкм, а величина розширення порід за добу +1,8 мкм.

Величина швидкості рухів кори в регіоні в другій половині 2019 року на порядок нижча, зареєстровано меншу кількість місцевих землетрусів.

Використання фізичних величин при вивченні георухів актуальне та необхідне для вивчення причинно-наслідкових зв'язків сеймотектоніки регіону.

Актуально розширення мережі деформометричних та нахиломірних станцій на території сейсмогенеручого регіону яким є Закарпаття. Результати досліджень та обробки даних геофізичних спостережень важливо представити при вивченні екологічного стану регіону, при викладанні природничих дисциплін у вищих навчальних закладах, загальноосвітніх закладах, гуртках позашкільної освіти, удосконалення методик із застосуванням фізичних характеристик.

Література

1. Bagriy S., Kuzmenko E., Dzoba U. Correlation of natural pulsed electromagnetic field of the earth with stresses and deformations, which appeared in exhausted salt fields in the precarpathians for karst creation forecasting. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. 2(89). С. 79-88.
2. Чалий О., Дяконеску М., Гурова І., Лісовий Ю., Пігулевський П., Щербина С., Шевцов А., Шумлянська Л. Причина сейсмічної активності в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2018. 4(83). С.38-45.
3. Розиган Ю., Трипільський О., Тополук О. Швидкісні характеристики земної кори Коростеньського плутону (Український щит) за даними методу глибинного сейсмічного зондування. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2018. 4(83). С. 46-50.
4. Зацерковний В., Богословський М. Розробка моделі функціонального стану об'єкта моніторингу для завдань оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2018. 4(83). С. 91-97.
5. Кулієв Г. Про особливості розповсюдження пружних хвиль в ізотропних середовищах за високих і надвисоких тисків. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2017. 4(79). С. 27-34.
6. Церклевич А. Л., Шило О. М., Шило Є. О. Зміни фігури Землі – геодинамічний фактор напружено-деформованого стану літосфери. *Геодинаміка.* 2018. 1(26). С. 28-42.
7. Марченко О. М., Перій С. С., Ломпас О. В., Голубінка Ю. І., Марченко Д. О., Крамаренко С., ABDULWASIU SALAWU. Визначення тензора швидкостей горизонтальних деформацій в Західній Україні. *Геодинаміка.* 2019. 2(27). С.5-17.
8. Павлик Г., Кутний А., Кальник О. Особливості впливу сезонних варіацій вологи ґрунту на вертикальні рухи земної поверхні. *Геодинаміка.* 2019. 2(27). С.16-23.
9. Третяк К. Р., Брусак І. В. Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС-станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка.* 2020. 1(28). С.5-18.
10. Купльовський Б., Бубняк І., Волошин П., Павлюк О., Крук О., Тревого І. Вплив локальних сеймотектонічних та інженерно-геологічних умов на сейсмічну небезпеку територій (на прикладі майданчика забудови в м. Ужгород. *Геодинаміка.* 2020. 1(28). С. 29-37.
11. Ігнатишин В.В. Застосування результатів геофізичних спостережень при вивченні геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. Матеріали XXIV Міжнародної науково-методичної конференції «Управління якістю підготовки фахівців» (18-19 квітня 2019 року, м. Одеса). Ч. 2. С.55-58.

12. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Зв'язок деформацій земної кори із сейсмічністю Закарпатського внутрішнього прогину за 2017 рік. Регіон – 2019: суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (м. Харків, 11 – 12 квітня 2019 р.) / Гол. ред. колегії Л.М. Немець. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. С. 146-149.

13. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Кінематика сучасних горизонтальних рухів земної кори та сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за 2017 рік. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції і перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Сб. науч. трудов. Переяслав-Хмельницький, 2019. Вып. 45. С. 5-8.

14. Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Особливості просторово-часового розподілу сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину та геодинамічний стан регіону. Матеріали дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». 14-16 травня 2019 року. Чернігів. Том 2. С.185-187.

Summary

Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn A.V., Izsák T.Y., Ihnatyshyn M.B. Assessing the Variations of Changes in the Speed of Geomechanic Movements of the Earth's Crust and their Relation to Seismic Processes in the Carpathian Region.

The study focuses on the results of studying the geodynamic and seismic state of the Transcarpathian Inner Trough in 2019. The authors show the range of geophysical observations in the region where the seismic stations of the Seismicity Department of the Carpathian region of S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine have been registering numerous seismic events for a year including perceptible local earthquakes that indicate seismotectonic processes in the Carpathian region. The topicality of researching geophysical phenomena in the region is conditioned by the absence of perceptible earthquakes for a long period of time that increases the probability of occurrence of local seismicity. The article aims at studying the spatiotemporal distribution of local seismicity, the character of modern lateral movements of the Earth's crust, analysing the relations between the region's geodynamic state and possible ecologically hazardous processes. The object of research is seismotectonic processes in the Transcarpathian Inner Trough: modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area, seismic intensification of the region in 2019. The subject of research: the influence of the region's geodynamics on the occurrence of local seismicity by using the physical parameters of geomechanic movements of the Earth's crust – the speed of daily lateral shifts of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area. To reach the set aim the spatiotemporal distribution of the Carpathian region's seismicity is studied; the kinematics of modern lateral movements of the Earth's crust has been calculated; the intervals between anomalous variations of observed geophysical fields is compared to reveal their correlation. The relation between the spatiotemporal distribution of local seismicity in 2019 and the character of modern lateral movements of the Earth's crust in the central part of the Transcarpathian Inner Trough is studied. The calculated physical characteristics of geomechanic movements of the Earth's crust are used, in particular the speed of daily shifts of the upper layers of the Earth's crust. The relation between the intervals of anomalous crustal movements and periods of seismic intensification has been observed. The frequency of occurrence of local seismicity depends on the value of speed of modern lateral movements of the Earth's crust: the quicker the rocks shorten or expand the higher the number of local earthquakes that are registered by seismic stations.

Keywords: *Geodynamic state, modern lateral movements of the Earth's crust, the region's seismic activity, earthquakes, kinematic parameters of the crustal movements, speed of movements, Oaş deep-seated fault area, Transcarpathian Inner Trough.*