

## КОМПЛЕКСНІ ГЕОФІЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ

Ігнатишин В. В., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин А. В.

### ВСТУП

Актуальність проведення комплексних геофізичних спостережень в сейсмогенеруючому середовищі яким є Закарпатський внутрішній прогин викликана протікаючими тут сеймотектонічними процесами, що є індикатором активізації геологічних процесів у регіоні. На території Закарпаття розташована мережа режимних геофізичних станцій Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України. Спостереження за сейсмічним станом Закарпатського внутрішнього прогину проводиться за допомогою сучасних цифрових сейсмічних станцій змонтованих на сейсмічних станціях, режимних геофізичних станціях та пунктах деформометричних спостережень, розташованих по всій території Закарпаття. На режимних геофізичних станціях змонтований комплекс геофізичних приладів за допомогою яких проводиться спостереження за варіаціями параметрів геофізичних полів та виконується дослідження зв'язків їх з геодинамічним станом сейсмоактивних територій. Зокрема, на території центральної частини Закарпаття розташована режимна геофізична станція «Тросник» ім. Т. З. Вербицького, де змонтовано такі геофізичні комплекси: сейсмічна станція DAS-5, магнітометр МВ-01, магнітометр Лемі-017, прилад для вимірювання електромагнітної емісії (РХІНДСП-03), метеорологічна станція «Конрад», проводиться вимірювання радіоактивного фону середовища, спостерігають за рівнем ґрунтових вод, вимірюють рівень води в річці Тиси, вимірюють температуру ґрунту. Інформацію про сучасні рухи кори отримують проводячи спостереження на пункті деформометричних спостережень «Королеве», де змонтовано горизонтальний кварцовий деформограф базою 24.5 м в штольні на глибині 15 м, температура приміщення становить 10 °С, азимут приладу – 80°. Спостереженню сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому передували тривалі спостереження рухів кори на Березівському горбогір'ї за допомогою горизонтальних деформометрів, змонтованих на режимній геофізичній станції «Берегово-1» та деформометричних станцій

змонтованих в 1989 році в підвалі режимної геофізичної станції «Берегове». За результатами багаторічних спостережень в Берегівському горбогір'ї відмічено стиснення порід в напрямку схід-захід та розширення порід в напрямку північ-південь. Проведені вимірювання рухів та виконані дослідження на їх основі підтвердили висновки отримані під час спостережень на «Берегове-1». Для отримання інформації про сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому проводилися вимірювання рухів кори на ПДС «Королеве». Отримані під час спостережень результати відмітили розширення порід в напрямку схід-захід, що вказувало на різноманітність напрямків рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині. Важливість виявлення різнознакових деформацій в регіоні полягає в тому, що наявність таких рухів може бути причиною підвищення сейсмічної активності регіону, зокрема в Берегівському горбогір'ї. Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину представлена місцевими землетрусами серед яких періодично проявляються відчутні місцеві землетруси, що є індикаторами сейсмічності регіону. Також необхідно відмітити, що відчутні підземні поштовхи відбуваються раз на декілька років на фоні сотні слабких щорічних землетрусів. Спостерігають періоди сейсмічного затишшя для відчутних місцевих землетрусів, зокрема слід відмітити період 2015–2021 років, коли серед сотень землетрусів незначної енергії не було зареєстровано на території Закарпатського внутрішнього прогину жодного сильного (відчутного) землетрусу. Період почався в кінці серпня 2015 року, в цей період було зареєстровано серію відчутних місцевих місцевих поштовхів в Тячівському районі Закарпатської області. Тривалість сейсмічного затишшя завершилася реєстрацією 23 січня 2021 року місцевого землетрусу, який відбувся на території Берегівського району. Загальний характер сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому представлений розширеннями порід величиною:  $+10 \times 10^{-7}$ .

**Мета дослідження** є дослідження сеймотектонічних процесів та їх зв'язок із геофізичними полями в Закарпатському внутрішньому прогині. **Об'єкт дослідження** – геодинамічний стан регіону, **предмет дослідження** -сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, варіації параметрів геофізичних полів в зоні Закарпатського внутрішнього прогину. При вирішенні поставлених задач використано результати спостережень геофізичних полів отриманих на геофізичних станціях Відділу сейсмічності карпатського регіону Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України та сучасних горизонтальних рухів кори на деформометричних станціях цієї установи. Методика обробки результатів геофізичних спостережень полягає в аналізі результатів

деформометричних спостережень, розрахунку кінематичних характеристик зміщень верхніх шарів земної кори та їх порівняння із сейсмічною активізацією та аномальними варіаціями геофізичних полів. Отримані результати важливі при побудові моделі сейсмонебезпечних процесів в сейсмогенеруючих регіонах, зокрема Закарпаття.

## 1. Аналіз публікацій

Шляхом дослідження селенебезпечних районів визначено, що гідрологічні умови селевого басейну в більшості випадків є визначальними у формуванні та протіканні селевих потоків. Врахування класифікаційних особливостей селевих потоків при оцінці селенебезпеки та підрахунках прогнозного впливу на інженерні споруди дозволить більш точно розрахувати ймовірність впливу селів на різні об'єкти та систематизувати існуючі методи моделювання відповідно до класифікаційних особливостей для того чи іншого регіону<sup>1</sup>. Дослідження акустичної і пружної анізотропії представляє інтерес для вирішення багатьох геологічних задач тектонічних деформаційних процесів. Математична модель на основі даних петроакустичних досліджень відкриває нові додаткові можливості для аналізу складно-деформованих порід<sup>2</sup>. В роботі<sup>3</sup> показано результати комплексного геодинамічного дослідження на території Закарпаття в зоні Оашського розлому з використанням результатів деформографічних і комплексних геофізичних спостережень, виконаних на режимних геофізичних станціях та пунктах деформографічних спостережень, що дозволило спостерігати та вивчати сучасні геодинамічні процеси та зміни геофізичних параметрів в періоди сейсмічної активізації регіону, узагальнити та систематизувати банк даних деформометричних, метеорологічних, гідрогеологічних та моніторингових геофізичних досліджень, провести обробку і аналіз отриманої інформації. Метод статистичного моделювання реалізацій випадкових полів дає можливість згенерувати за побудованими алгоритмами шуми в сейсмограмах пунктів спостережень для оцінки частотних характеристик геологічного середовища під цими сеймостанціями та у

---

<sup>1</sup> О. Гуда. Порівняння факторів формування селевих процесів в Басейні річки Тиса (Закарпаття). *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2012. № 56. С. 8–12.

<sup>2</sup> Продайвода Г., Безродний Д., Безродна І. Дослідження впливу тектонічних деформацій на параметри пружної і акустичної анізотропії залізистих кварцитів Криворізької надглибокої свердловини за математичного моделювання. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2012. № 57. С. 8–12.

<sup>3</sup> Малицький Д., Ігнатишин В., Коваль Ю. Деформометричні дослідження в зоні Оашського розлому Закарпаття за результатами режимних спостережень на РГС «Тросник», «Королево» та «Берегове». *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2012. № 59. С. 7–18.

близько розташованих від них пунктах, у яких не було проведено спостережень<sup>4</sup>. Водні розчини в покривних відкладах досить чутливі до зміни електромагнітних полів і електричних потенціалів. Ритми електричного поля, що формуються під впливом сонячної радіації, атмосферних фронтів і геодинамічних процесів геологічного середовища, відіграють значну роль у енергомасообмінних процесах. Розв'язання розглянутих наукових проблем дасть можливість розв'язувати ряд актуальних сьогодні наукових і практичних задач, які належать до екології, гідрогеології, інженерної геології, геоморфології, ґрунтознавства, кліматології, біології тощо<sup>5</sup>. Вивчення неотектонічних процесів, а саме вертикальних і горизонтальних рухів земної кори, сейсмічності, що формують нові тектонічні та структури, які контролюють різноманітні корисні копалини, а також призводять до прояву екзогенних геологічних процесів, дає можливість не лише ґрунтового теоретичного пізнання геологічного середовища, але має значну практичну цінність. Дані з геодинамічного розвитку земної кори неотектонічного та сучасного етапів важливі для інженерних робіт різного призначення, під час пошуків корисних копалин, для проведення моніторингу небезпечних геологічних процесів в природно-техногенних системах<sup>6</sup>. Запропоновано загальний підхід до комп'ютерного моделювання поведінки природно-техногенних систем, зокрема прогнозування їх зсувонебезпеки, шляхом розрахунку напружено-деформованого стану зволоженого ґрунтового схилу під дією сил гравітації. Одержано визначальні співвідношення розглядуваної задачі, побудовано ітераційний метод визначення напружено-деформованого стану зсувного масиву, який дозволяє на кожному кроці розглядати плоску задачу теорії пружності. Для розв'язання пружної задачі використовується модифікований метод граничних елементів, який дозволяє одночасно визначати одразу всі компоненти напружено-деформованого стану на границі розглядуваного тіла. Запропонований метод дозволяє також для заданих навантажень та характеру зволоженості схилу визначати можливі зони

---

<sup>4</sup> Вижва З. Моделювання сейсмічного шуму у двовимірній області змінних для визначення частотних характеристик геологічного середовища. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2012. № 59. С. 65–67.

<sup>5</sup> Бублясь В., Бублясь М. Процеси і явища в мікрогеодинамічних зонах покривних відкладів рівнинних територій. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2013. № 60. С. 42–46.

<sup>6</sup> Андрієць Т. Методичні засади структурно-морфометричних досліджень гірського рельєфу (на прикладі Карпатського модельного полігону). *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2013. № 61/2. С. 23–26.

пластичної течії в масиві<sup>7</sup>. Тектонічні рухи та один з головних їхніх наслідків – формування і розвиток різноманітних різнорангових геологічних структур – є результатом причинно-наслідкових зв'язків між будовою земної кори (включаючи її поверхню), тектонофізичними і фізико-хімічними процесами, які в ній відбуваються, а також зовнішніми фізичними полями, до яких належать і поля позапланетного генезису. На основі цих зв'язків базуються фундаментальні принципи методології вивчення особливостей структури земної кори за допомогою використання даних аерокосмічних зніманих і технологій<sup>8</sup>. Запропоновані ітераційні лінійні методи рішення обернених задач із використанням додаткових уточнюючих ітераційних поправок вищого порядку дозволяють одержувати більш достовірні результати інтерпретації даних гравіметрії й магнітометрії. Актуально розробляти методи з іншими наборами умов оптимізації для порівняння їхньої ефективності із запропонованими й більш ранніми методами<sup>9</sup>. Тектонофізичні дослідження розривних порушень в Українських Карпатах з використанням структурнопарагенетичного та кінематичного методів розпочалися в 90-х роках ХХ ст. Було встановлено, що в природному заляганні переважають субвертикальні тріщини північно-східного орієнтування над північно-західним, що пояснюється північносхідним стисненням в післяскладчасту епоху. Похилі тріщини мають подібну орієнтацію. Разом з тим в Закарпатському прогині поряд з діагональними системами тріщин істотно розвинуті тектонічні порушення субширотного та субмеридіонального напрямку<sup>10</sup>. Реалізація структурно-морфометричного аналізу в центральній частині Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма дозволила провести аналіз процесів геоморфогенезу, визначити особливості прояву тектонічної будови в рельєфі території, проаналізувати характер новітніх рухів. В історії розвитку формування рельєфу та вулканічних структур впродовж постмагматичної стадії виділено п'ять етапів, які описуються структурно-морфометричними поверхнями

---

<sup>7</sup> Лавренюк М. Напружено-деформований стан вологонасиченого масиву під дією гравітації. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2013. № 61/2. С. 69–71.

<sup>8</sup> Азімов О. Основні методологічні принципи дослідження особливостей будови земної кори дистанційними технологіями. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2014. № 64/1. С. 73–77.

<sup>9</sup> Міненко Р., Міненко П. Обернені лінійні задачі гравіметрії та магнітометрії з уточнюючими ітераційними поправками вищого порядку. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2014. № 64/1. С. 78–82.

<sup>10</sup> Василенко А. Ознаки зсуву в межах Закарпатського глибинного розлому. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2014. № 65/2. С. 19–23.

шести порядків<sup>11</sup>. Геофізичні процеси, які протікають в геологічних структурах Закарпатського внутрішнього прогину, характеризуються періодичністю. В інтервалі довготривалих спостережень виділено періоди в 10 років. Особливості цих періодичних процесів: наявність періодів тривалістю 2,5 років, яким характерні понижені швидкості вікових рухів (+500 нстр) та зміна знаку деформацій (розширення порід на стиснення); інтенсивні підвищення сейсмічної активності протягом наступних 8 років. Спостерігаються аномальні варіації параметрів геодинамічного стану в інтервалі часу реєстрації місцевих та близьких землетрусів у 2013 та 2014 рр. спостережень<sup>12</sup>. Виконано порівняльний аналіз методів локального прогнозування зсувної небезпеки та підтверджено, що одним із важливих критеріїв оцінки стабільності схилу є напружено-деформований стан (НДС) породного масиву. Для зсувно-небезпечних схилів із змінними параметрами водонасичення здійснено постановку задачі розрахунку НДС та визначено ступінь схематизації (формалізації) розрахунків. У рамках математичної моделі розглядуване явище описується як термопружно-пластична рівновага ізотропної матриці під дією прикладених до неї масових (гравітаційне поле Землі) та поверхневих зусиль<sup>13</sup>. В Українських Карпатах одним із виразних результатів дії ендегенних процесів є Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо, формування якого завершилося в кінці пліоцену як наслідок активної магматичної діяльності. В результаті комплексного аналізу наявних геолого-геофізичних даних та структурно-морфометричних показників визначено числові характеристики неотектонічних вертикальних рухів та просторові й часові особливості в межах вулкану Синяк впродовж чотирьох поствулканічних етапів. Встановлено відмінності в тектонічному розвитку окремих частин вулкану – Грабівського вулкану-купольного підняття та вершинної кальдери. Виявлено високу просторову диференціацію амплітуд вертикальних

---

<sup>11</sup> Андрієць Т. Постмагматична еволюція вулканічних структур центральної частини Вигорлат-Гутинського пасма за даними структурно-морфометричного аналізу. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2014. № 65/2. С. 23–28.

<sup>12</sup> Ігнатишин В., Малицький Д., Коваль Ю. Динаміка сучасних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2014. № 65/2. С. 28–39.

<sup>13</sup> Іванік О. Методичне забезпечення прогнозування зсувної небезпеки на регіональному і та локальному рівні: методи, моделі. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2014. № 66/3. С. 55–60.

рухів, їх блоковий характер<sup>14</sup>. Запропоновані в<sup>15</sup> ітераційні лінійні методи розв'язання обернених задач із використанням додаткових уточнюючих ітераційних поправок вищого порядку та уточненої за глибину поправки В. І. Старостенка дозволяють одержувати більш достовірні результати інтерпретації даних гравіметрії для некомпактних геологічних масивів. Важливо розробляти методи з іншими наборами умов оптимізації та ітераційних поправок для порівняння їхньої ефективності при використанні в запропонованих і більш ранніх методах. Запропоновано метод порівняльної GPS-тектоніки для вивчення та моделювання поверхневої та глибинної динаміки Землі із зіставленням сучасної тектонічної активності за результатами космічної геодезії з тектонічними процесами минулих епох за геолого-геофізичними даними<sup>16</sup>. Актуально вивчення структури області зчленування внутрішніх флішових покривів Східних (Передмармароська призма) і Західних (Магурсько-Дуклянська призма) Карпат, де розвинена субмеридіональна Латорицько-Стрийська зсувна зона, її північне та південне продовження фіксується (від Оашського розлому до Перемишльської сигмоїди) лише дистанційними та геофізичними методами і потребує цілеспрямованого геологічного картування та спеціальних структурних досліджень<sup>17</sup>. Взаємодоповнювальне використання даних сейсмологічних і пов'язаних з ними геофізичних спостережень важливе для розробки системи попередження про суттєву зміну напружено-деформованого стану земної кори, рекомендується створювати такі системи в тектонічно активних районах для підвищення безпеки проживання населення і отримання інформації, необхідної для сейсмостійкого проектування і будівництва важливих і екологічно небезпечних промислових об'єктів<sup>18</sup>. Представлено результати геомагнітного моніторингу при дослідженні сеймотектонічних процесів у Закарпатському прогині, де виявлено тектономагнітні аномалії різної тривалості та інтенсивності, встановлено їх просторово-часовий зв'язок

---

<sup>14</sup> Андрієць Т. Реконструкція тектонічної еволюції вулкану Синяк (Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо) в постмагматичні етапи за даними структурно-морфометричного аналізу. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2014. № 67/4. С. 23–27.

<sup>15</sup> Міненко Р., Міненко П., Мечніков Ю. Сучасний стан проблеми стійких розв'язків обернених лінійних задач гравіметрії. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2015. № 68/1. С. 86–93.

<sup>16</sup> Кульчицький А. Я. Поверхнева та глибинна динаміка землі за результатами опрацювання GNSS-вимірів і геолого-геофізичних даних (методологічний аспект). *Геодинаміка*. 2012. № 1 (12). С. 54–57. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2012.01.054>

<sup>17</sup> Гнилко О. М. Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки стаття 2. Флішові Карпати – давня акреційна призма. *Геодинаміка*. 2012. № 1 (12). С. 67–68.

<sup>18</sup> Ibid.

із сейсмічними подіями, зроблено висновок про інформативність геомагнітного моніторингу в Закарпатській сейсмоактивній зоні для виявлення провісників місцевих землетрусів з магнітудою  $M > 3$  в геолого-геофізичних умовах Закарпатського прогину<sup>19</sup>. У<sup>20</sup> показано зв'язок геомеханічних процесів в зоні Оашського глибинного розлому та проявів місцевої сейсмічності в Закарпатті. Представлено сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності: спостереження та аналіз<sup>21</sup>. У<sup>22</sup> представлено результати аналізу геофізичних процесів та геодинамічного стану Закарпаття за 2019 рік. Описано сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та їх вплив на місцеву сейсмічність<sup>23</sup>.

---

<sup>19</sup> В. Ю. Максимчук, Т. А. Климович, В. Г. Кузнецова, І. І. Ярема. Інформативність геомагнітного моніторингу в Закарпатській сейсмоактивній зоні. *Геодинаміка*. 2012. № 1 (12). С. 136–144.

<sup>20</sup> Ignatyshyn A. V., Ignatyshyn V. V., Izhak T. Y., Verbytsky S. T. Relationship between geomechanical processes in the zone of the ash deep fracture and manifestations of local seismicity in transcarpathia. Зв'язок геомеханічних процесів в зоні Оашського глибинного розлому та проявів місцевої сейсмічності в Закарпатті. DOI: 10.21893/2709-2313.2021-04-08-028. Innovative Technologien im Leben eines modernen Menschen. Monografische Reihe "Europäische Wissenschaft". Buch 4. Teil 12. 2021. Innovative technologies in the life of modern man. *Monographic series "European Science"*. Book 4. Part 12. ScientificWorld-Net Akhat A. V. Karlsruhe 2021. P. 74–86. DOI: 10.21893/2709-2313.2021-04-12

<sup>21</sup> Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Ігнатишин М. Б., Вербицький С. Т. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності: спостереження та аналіз. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021)*: матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Срошенко Андрій Михайлович [та ін.]. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. Т. 2. 236 с. С. 130–132.

<sup>22</sup> Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Іжак Т. Й., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин В. В. (мол). Геофізичні процеси та геодинамічний стан Закарпаття в 2019 році: метеорологічний аспект. Geophysical processes and geodynamic state of transcarpathia in 2019: Meteorological aspect. Heritage of european science: Engineering and Technology, Security, Architecture, Geology, Geography. *Monographic series "European Science"*. Book 5. Part 2. 2021. Pp. 129–139. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-05-02

<sup>23</sup> Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Вербицький С. Т., Ігнатишин М. Б. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому: сейсмічний аспект. *Геологічна наука в незалежній Україні*: збірник тез наукової конференції (Київ, 8–9 вересня 2021 р.) / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ, 2021. 403 с. С. 130–133.



## 2. 2018 рік. Моніторинг геофізичних полів в Закарпатському внутрішньому прогині

Проведено аналіз параметрів геофізичних полів в закарпатському внутрішньому прогині за 2018 рік, зокрема розглянуто результати деформометричних спостережень на пункті деформографічних спостережень «Королеве» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, представлено результати сейсмологічного моніторингу Закарпатського внутрішнього прогину проведеного за допомогою сітки сейсмологічних станцій, зокрема режимної геофізичної станції «Тросник». На рисунку 1 показано зміщення кори в штольні деформометричної станції «Королеве».



Рис. 1. Зміщення кори на ПДС «Королево» за січень 2018 року

Величина зміщення земної кори за січень місяць становить: +12.144 мкм. Розглянуто зв'язок сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину та рухи кори за січень 2018 року (рис. 2).

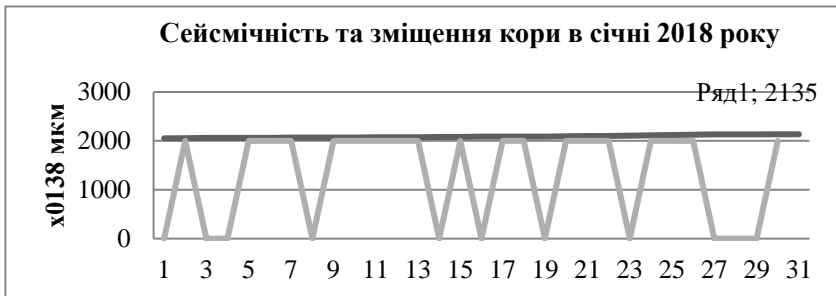
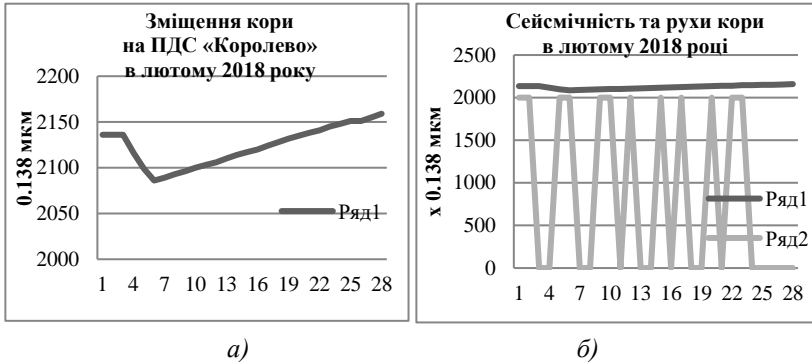


Рис. 2. Сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в січні 2018 року.

Розширення кори супроводжується 26 місцевими землетрусами в Закарпатті в січні 2018 року.

*Лютий 2018 року.* Розглянуто сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за лютий 2018 рік (рис. 3,а).

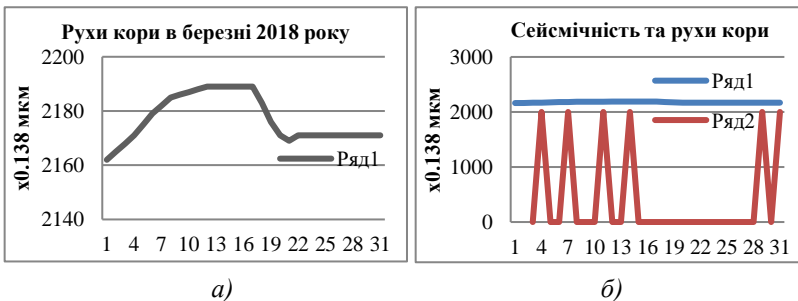


**Рис. 3. а) зміщення кори на ПДС «Королево» в лютому 2018 року; б) сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в лютому 2018 року**

Величина зміщення земної кори за лютий 2018 року становить: +4.14 мкм.

Сейсмічність та рухи кори в лютому 2022 року (рис. 3,б). Зареєстровано на території Закарпатського внутрішнього прогину 16 місцевих землетрусів в лютому 2018 році. Час реєстрації місцевих землетрусів рівномірно розподілений в часовому діапазоні місяця.

*Березень 2018 року* (рис. 4,а).



**Рис. 4. а) рухи кори в березні 2018 року; б) сейсмічність (діаграма червоного кольору) та рухи кори в березні 2018 року (крива синього кольору)**

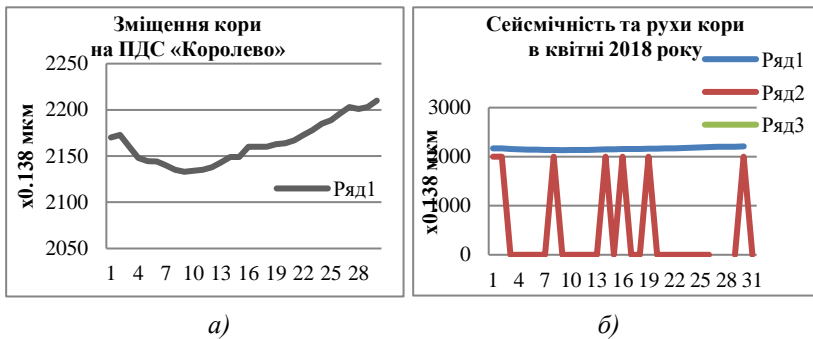
Величина рухів кори виміряна на ПДС за березень 2022 рік становить: +1.65 мкм. Зареєстровано 13 місцевих землетрусів на території Закарпатського внутрішнього прогину (рис. 4,б).

**Квітень 2018 року.** Показано сучасні горизонтальні рухи кори на ПДС в квітні 2022 року (рис. 5.а).

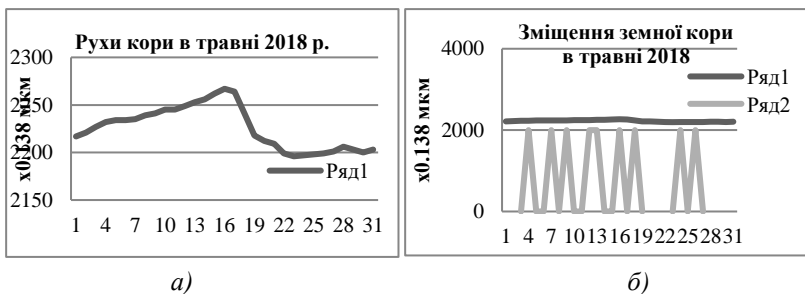
Розширення кори супроводжувалися проявом 7 місцевих землетрусів. Величина зміщення становить: +5.313 мкм. Розширення кори супроводжувалися проявом 7 місцевих землетрусів (рис. 5.б).

**Травень 2018 року.** Величина зміщення (стиснення) є величиною: -4.76 мкм (рис. 6,а).

В травні 2018 року зареєстровано 13 землетрусів на території Закарпаття (рис. 6,б).

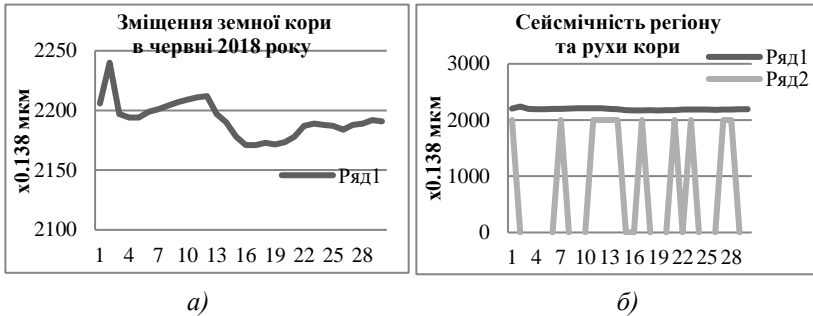


**Рис. 5. а) зміщення кори в квітні 2018 року на ПДС «Королево»; б) сейсмічність та рухи кори на ПДС «Королево» в квітні 2018 року**

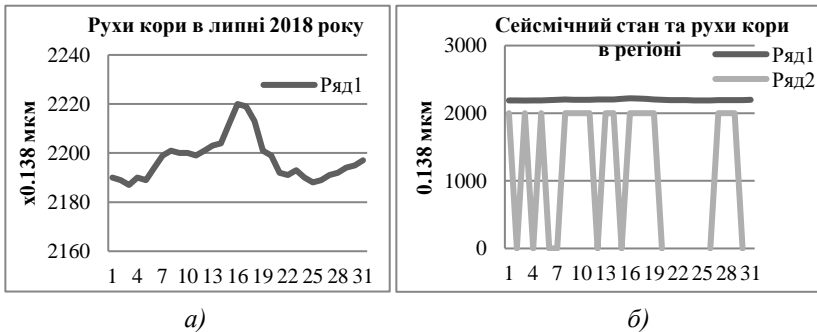


**Рис. 6. а) рухи кори на ПДС «Королево» в травні 2018 року; б) зміщення земної кори (крива чорного кольору) та місцева сейсмічність (діаграма сірого кольору) в травні 2018 року. Закарпатський внутрішній прогин**

**Червень 2018 року.** В червні 2022 року на ПДС зареєстровано загальне стиснення порід з періодом 10–11 діб (рис. 7.а).



**Рис. 7. а) зміщення земної кори в червні 2018 року. Зона Оашського глибинного розлому; б) сейсмічність (діаграма сірого кольору) та сучасні рухи земної кори (крива чорного кольору) в травні 2018 року**



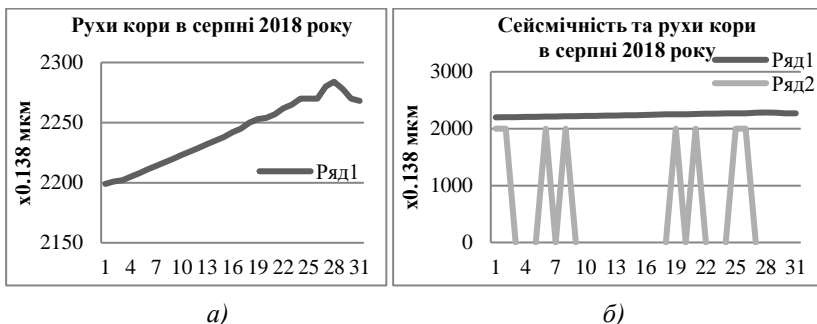
**Рис. 8. а) рухи кори в липні 2018 року в зоні Оашського глибинного розлому; б) рухи кори (крива чорного кольору) та сейсмічність (діаграма сірого кольору) регіону в липні 2018 року**

В червні 2018 року зареєстровано 15 місцевих землетрусів.

**Липень 2018 року.** Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 8,а).

В липні 2018 року відмічено розширення порід: +0.414 мкм. В липні в регіоні відбулися 18 місцевих землетрусів.

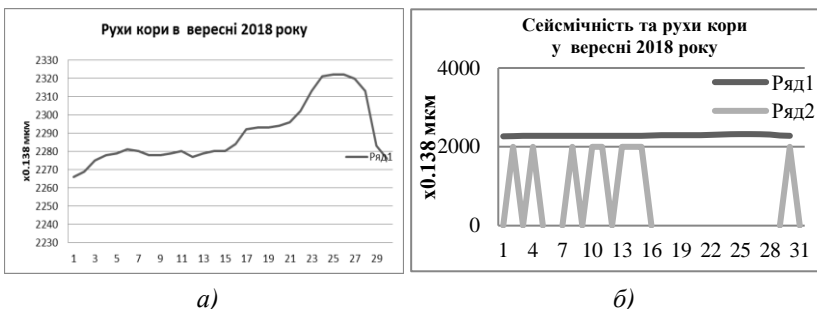
**Серпень 2018 року.** Рухи кори в серпні 2018 року представлено на рисунку 9,а). Відмічено інтенсивні рухи- серпні 2018 року відбулося розширення порід величиною +9.38 мкм.



**Рис. 9. а) рухи кори в серпні 2018 року. Зона Оашського глибинного розлому; б) сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори в регіоні (крива чорного кольору)**

В серпні 2018 року відбулося розширення порід величиною: +9.38 мкм та зареєстровано 9 землетрусів в регіоні (рис. 9.б).

**Вересень 2018 року.** Відмічено розширення порід величиною +7.17 мкм (рис. 10,а).



**Рис. 10. а) рухи кори у вересні 2018 року; б) сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору). Вересень 2018 року**

За досліджуваній період зареєстровано 10 місцевих землетрусів (рис. 10,б). більшість землетрусів зареєстровано в період розширення порід.

**Жовтень 2018 року.** Розглянуто рухи кори в жовтні 2018 року (рис. 11,а).



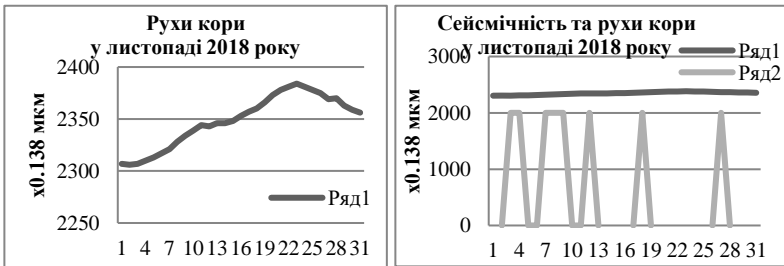
а)

б)

**Рис. 11. а) рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за жовтень 2018 року; б) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та рухи кори в регіоні (крива чорного кольору) в жовтні 2018 року**

Зміщення кори в жовтні 2018 року становить: +5.244 мкм (розширення в напрямку схід-захід). Землетрусів зареєстровано 12 подій в Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 11,б).

**Листопад 2018 року.** В листопаді 2018 року земна кора зазнала розширення величиною +7.45 мкм (рис. 12,а).



а)

б)

**Рис. 12. а) рухи кори в листопаді 2018 року. Зона Оашського глибинного розлому; б) Сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в листопаді 2018 року**

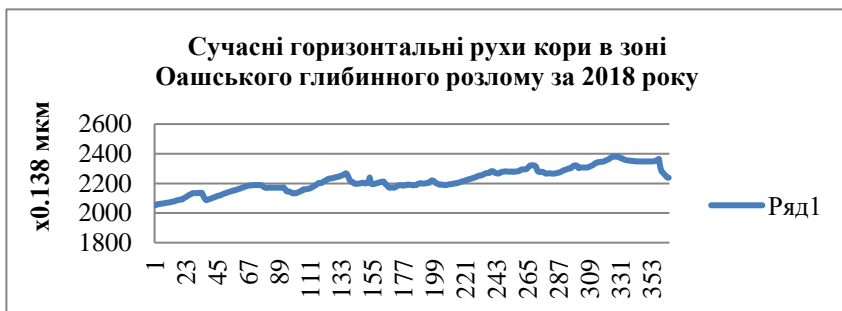
Зареєстровано 9 землетрусів за листопад 2022 року, які зареєстровано в основному при інтенсивному розширенні порід.

**Грудень 2018 року.** В грудні 2022 року зареєстровано стиснення порід величиною: -16.28 мкм (рис. 13).



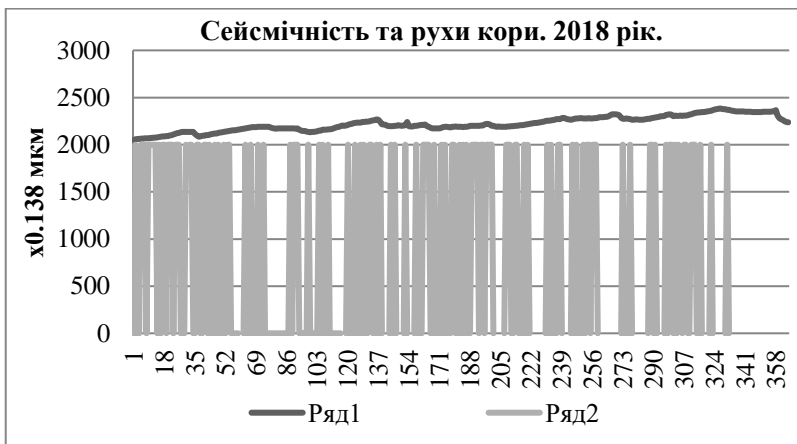
**Рис. 13. Сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в грудні 2018 року**

Землетруси відбуваються при стисненні порід, що відмічено також в інших періодах спостереження. Показано сучасні горизонтальні рухи кори за 2018 рік в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 14).



**Рис. 14. Рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому у 2018 році. Закарпатський внутрішній прогин**

Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2018 рік представлені загальним розширенням порід із виділеними періодами, зокрема величиною 2 місяці. Проаналізовано сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину та рухи кори в 2018 році (рис. 15).

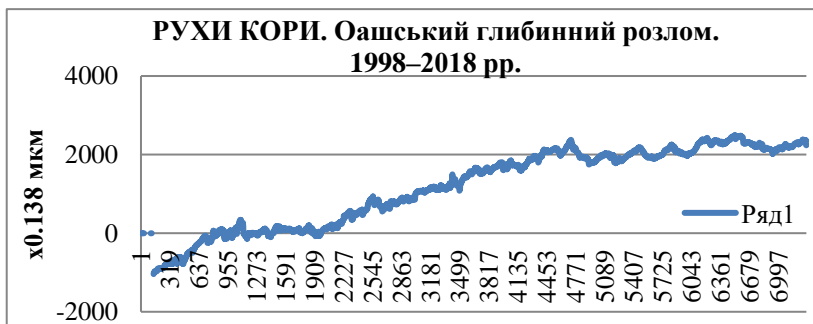


**Рис. 15. Сейсмічність (діаграма сірого кольору) та геодинаміка регіону (крива чорного кольору). 2018 р. Закарпатський внутрішній прогин**

Більшість місцевих землетрусів відбулися в періоди стиснення порід, необхідно відмітити, що за 2018 рік не зареєстровано жодного відчутного місцевого землетрусу.

### **3. Характер сучасних горизонтальних рухів кори в Зоні Оашського глибинного розлому за період 1998–2018рр. Аналіз кінематичних характеристик.**

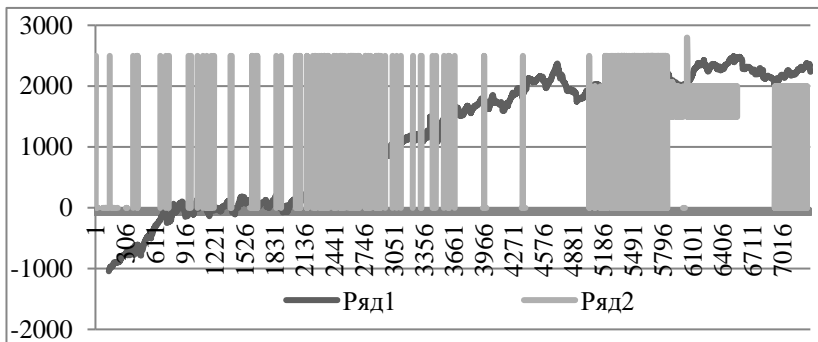
Показано рухи кори за період 1998–2018 рр. (рис. 16).



**Рис. 16. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 1998–2018 рр.**



За 20 річний період зареєстровано розширення порід величиною:  $+125, 94 \times 10^{-7}$ . Середній віковий хід становить:  $+6.29 \times 10^{-7}$ . Спостерігається період тривалістю 7 років, де рухи кори характерні малими швидкостями, на відміну від минулих років (рис. 17).



**Рис. 17. Сейсмічність (діаграма сірого кольору) та сучасні горизонтальні рухи кори (крива чорного кольору) за 1998–2018 рр. Закарпатський внутрішній прогин**

Аналіз рухів кори за такий тривалий період дає змогу зробити висновки про характер рухів в центральній частині Закарпаття-це розширення порід. Відмічено декілька періодів часу, коли протягом 1–2 років рухи кори характерні малими швидкостями після яких інтенсивність прояву місцевої сейсмічності різко зростала. *Динаміка сучасних горизонтальних рухів за 2018 р.* Швидкість рухів кори та сейсмічність в регіоні за досліджуваний період (рис. 18).



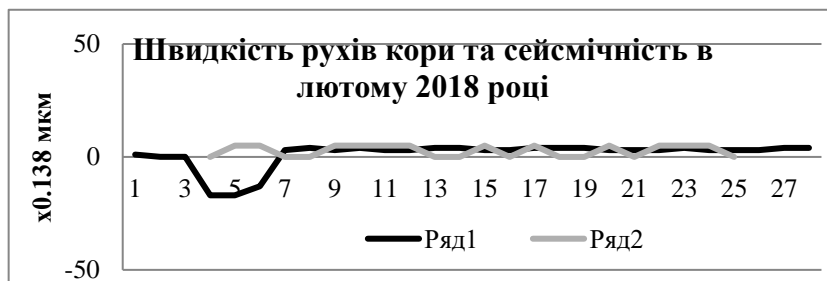
**Рис. 18. Рухи кори в Королево за 2018 рік (крива чорного кольору) та сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору)**

За досліджуваний інтервал зареєстровано 152 місцевих землетруси в Закарпатському внутрішньому прогині. При цьому деформація порід за 2018 рік становила +1272.38 нстр ( $12.72 \times 10^{-7}$ ). Зміщення рухів кори величиною +31.188 мкм. Розглянуто кінематику рухів (швидкість) та сейсмічність регіону за 2018 рік в Закарпатті (рис. 19).



**Рис. 19. Швидкість сучасних горизонтальних рухів (лінія чорного кольору) та сейсмічність регіону (крива сірого кольору). Січень 2018 року**

Середньодобова швидкість рухів кори в регіоні становить +0.37 мкм за добу. Аналіз швидкостей рухів кори та сейсмічності регіону за лютий 2018 рік відмітив сейсмічну активізацію після періоду аномальних рухів кори на початку місяця (рис. 20).



**Рис. 20. Швидкість сучасних рухів (лінія чорного кольору) та сейсмічність регіону в лютому (діаграма сірого кольору). Закарпатський внутрішній прогин**

Середньодобова швидкість рухів кори в лютому в регіоні становить: +0.0148 мкм за добу.

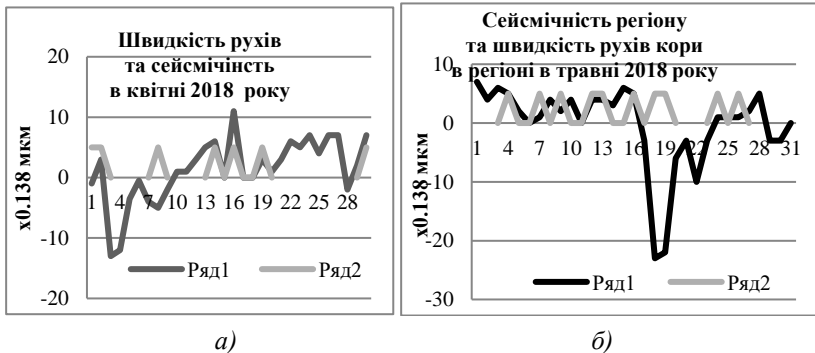
**Березень 2018 року.** В березні 2022 року періоди реєстрації місцевих землетрусів припадають на періоди інтенсивного стиснення та розширення порід в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 21).



**Рис. 21. Сейсмічність та швидкість рухів кори в березні 2018 року. Закарпаття**

Швидкість рухів кори становила +0.053 мкм за добу. Зареєстровано 13 місцевих землетрусів, відсутньо відчутні землетруси.

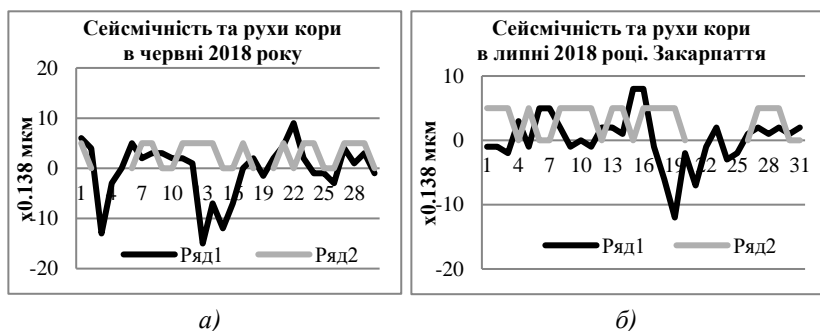
**Квітень–травень, 2018 рік.** Серія місцевих землетрусів відбулася в період інтенсивного розширення порід в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 22, а).



**Рис. 22. а) сейсмічність та швидкість рухів кори в квітні 2018 року. Закарпаття; б) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та швидкість рухів кори (крива чорного кольору) в травні 2018 року. Закарпаття**

Середньодобова швидкість рухів становить  $+0.18\text{мкм}$  за добу. Зареєстровано 7 місцевих землетрусів. Розраховано швидкість сучасних рухів кори та розглянуто звязок із сейсмічною активізацією регіону в травні 2018 року, коли було зареєстровано 13 землетрусів (рис. 22,б). Середньодобова швидкість рухів кори в травні становить  $-0.29\text{мкм}$  за добу.

**Червень–липень 2018 року.** В червні 2018 року зареєстровано в Закарпатті 15 місцевих землетрусів. Середньодобова швидкість рухів кори становить  $-0.04\text{мкм}$  за добу (рис. 23,а).



**Рис. 23.** а) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та швидкість рухів кори в регіоні (крива чорного кольору) в червні 2018 року. Закарпаття; б) сейсмічність (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в липні 2018 році. Закарпаття

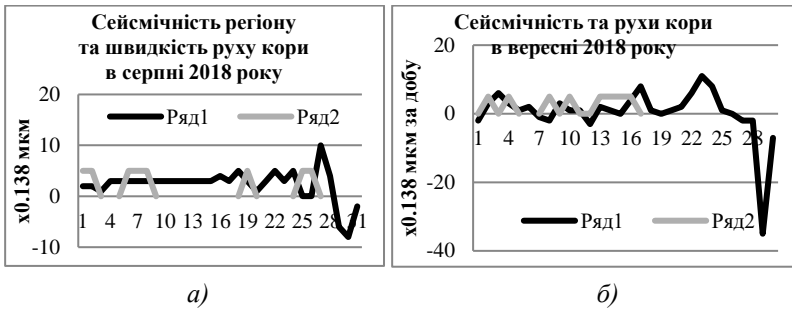
Розглянуто варіації швидкості рухів кори та сейсмічність регіону в липні 2018 року в Закарпатті (рис. 23,б).

Середньодобова швидкість рухів кори в липні 2018 року в Закарпатті становить:  $-0.0138\text{мкм}$  за добу, зареєстровано 18 місцевих землетрусів. Пріоритет припадає на стиснення порід, тоді сейсмічність активізується.

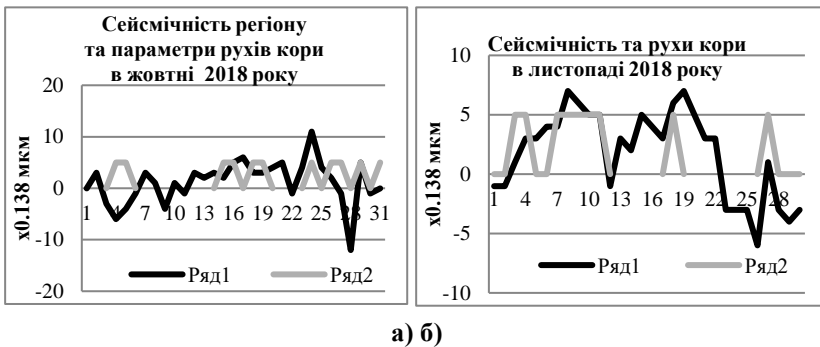
**Серпень–вересень 2022 року.** Розглянуто варіації параметрів рухів кори та сейсмічність регіону в серпні 2018 року (рис. 24,а).

В серпні 2018 року земна кора розширилася на величину  $0.32\text{мкм}$ . Зареєстровано 9 землетрусів в Закарпатському внутрішньому прогині. У вересні 2018 року середньодобова швидкість рухів кори становить  $+0.05\text{мкм}$  за добу. Зареєстровано 10 місцевих землетрусів, які відбулися при інтенсивному стисненні порід (рис. 24,б).

**Жовтень–листопад 2018 року.** В жовтні середньодобова швидкість рухів кори становила  $-0.16\text{мкм}$  за добу, зареєстровано 12 місцевих землетрусів (рис. 25,а).



**Рис. 24. а) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору), динаміка рухів кори в серпні 2018 року (крива чорного кольору) в Закарпатті; б) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в вересні 2018 року в Закарпатті**



**Рис. 25. а) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та швидкість рухів кори (крива чорного кольору) в жовтні 2018 року, Закарпаття; б) сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та швидкість горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому в листопаді 2018 року.**

В листопаді в Закарпатському внутрішньому прогині зареєстровано 9 місцевих землетрусів. Середньодобова швидкість сучасних горизонтальних рухів становила  $+0.239$  мкм (рис. 25,б). Сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та швидкість горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому в листопаді 2018 року.

**Грудень 2018 року.** В грудні 2018 року зареєстровано 5 місцевих землетрусів, середня швидкість сучасних горизонтальних рухів в регіоні становить  $-0.525$  мкм за добу (рис. 26).



**Рис. 26. Сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та рухи кори (крива чорного кольору) в грудні 2018 року. Закарпаття**

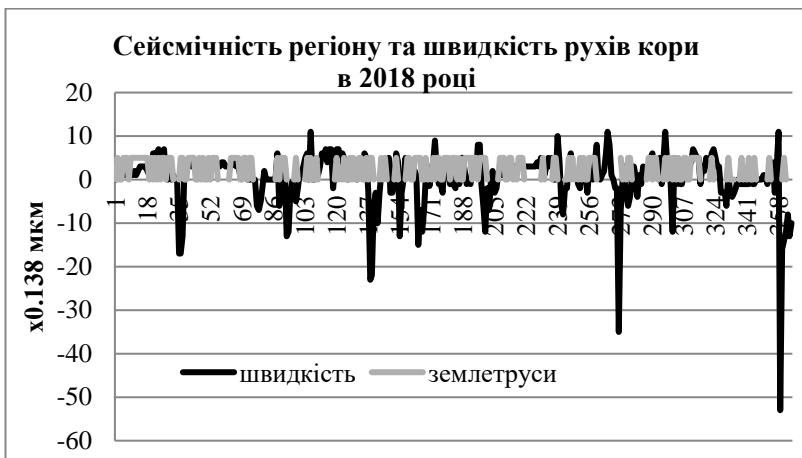
Більшість подій відбулося при стисненні порід. Розглянуто варіації швидкості сучасних горизонтальних рухів в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину за 2018 рік та розподіл сейсмічності в регіоні за цей період (рис. 27). Середня швидкість рухів кори за рік становить  $+0.077$  мкм за добу.



**Рис. 27. Швидкість рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині за 2018 року**

Представлено просторово-часовий розподіл сейсмічності в 2018 році в Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 28).

Періоди швидких рухів сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні супроводжуються інтервалами підвищеної сейсмічності за 2018 рік.



**Рис. 28. Сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та варіації швидкості рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині в 2018 році**

Розглянуто просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та середньодобові значення швидкостей сучасних горизонтальних рухів кори в місячному діапазоні (рис. 28). Розраховано середньомісячні величини швидкостей рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 29).



**Рис. 29. Середньомісячні величини швидкості рухи в 2018 році. Закарпатський внутрішній прогин**

Середньомісячні величини швидкостей відмічені періодами 3–4 місяці. Проведено аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та сеїдньомісячні величини швидкостей за 2018 рік (рис. 30).



**Рис. 30. Середньомісячні величини швидкості рухів (крива чорного кольору) та місцева сейсмічність (крива сірого кольору) в 2018 році в Закарпатському внутрішньому прогині**

Відмічено кореляцію отриманих залежностей, тенденція до спадання величин швидкостей рухів кори та частоти реєстрації місцевих землетрусів в 2018 році. Періоди стиснення порід в Закарпатському внутрішньому прогині супроводжуються підвищенням сейсмічної активності в регіоні (рис. 30).

## ВИСНОВКИ

За результатами власних досліджень геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину проведеного на основі комплексного геофізичного моніторингу із використанням геофізичних приладів встановлених на пунктах геофізичних спостережень Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України, а саме режимної геофізичної станції «Тросник» та пункту деформометричних спостережень «Королеве» приходимо до таких висновків:

- Закарпатський внутрішній прогин- сейсмогенеруючий регіон Карпато-Балканського регіону, що характеризується періодичним проявом місцевої сейсмічності;
- частота прояву місцевих відчутних землетрусів змінюється від 1–2 до 4–6 поштовхів на рік на фоні численних слабких мікроземлетрусів;



– відмічено тривалий період сейсмічного затишшя відчутних землетрусів, який почався в серпні 2015 року (серія відчутних місцевих землетрусів в Тячівському районі) та тривав до січня 2021 року, реєстрацією місцевого землетрусу в Берегівському районі;

– сучасні горизонтальні рухи кори, виміряні в зоні Оашського глибинного розлому за період з 1999 року по 2018 рік характерні загальним розширенням порід із середнім віковим ходом рівним:  $+10 \times 10^{-7}$ ;

– аналіз рухів кори за тривалий період відмітив наявність періодів у 2–3 роки, коли вікові ходи характеризувалися низькими швидкостями, або від’ємними швидкостями, після цих інтервалів починався період тривалістю 10 років, характерний реєстрацією більшої кількості місцевих землетрусів пік яких припадає на 2015 рік, коли в липні-серпні було зареєстровано 6 відчутних місцевих землетрусів на фоні сотень слабких;

– слідуючий період затишшя починається в 2012 році, коли після тривалого періоду розширення порід було зареєстровано стиснення порід, що ймовірно ідентифікується як період знакозмінних георухів;

– періоди знакозмінних рухів кори супроводжуються підвищенням сейсмічної активності, що реально і спостерігається;

– сучасні рухи кори в 2018 році представлені розширеннями порід, що є характерними для даного регіону;

– аналіз зв’язку сейсмічності та сучасних рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині показав, що реєстрація місцевих землетрусів відбувається в період стиснення порід в зоні Оашського глибинного розлому;

– в досліджуваний період не зареєстровано жодного відчутного місцевого землетрусу;

– отримані результати дослідження поповнюють банк геофізичних даних регіону, що важливо для побудови моделі геологічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині.

## **АНОТАЦІЯ**

Закарпаття – регіон, де періодично реєструються місцеві підземні поштовхи, енергетичний клас яких коливається в широкому діапазоні: від слабких, число яких може бути більше сотні та одиноких –1–6 землетрусів в рік, які відчувалися людьми. Проведені комплексні геофізичні дослідження в минулі періоди показав на зв’язок сейсмічного та геодинамічного станів регіону. За результатами деформометричних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому, проведених за тривалий період відмічено загальне розширення порід. Величина вікових ходів сучасних горизонтальних рухів кори коливається від  $-30 \times 10^{-7}$  до  $20 \times 10^{-7}$ . Сучасні рухи кори відмічені періодами тривалістю

2–3 роки, які супроводжуються зниженням частоти прояву місцевих землетрусів. Періоди сейсмічного затишшя переходять в періоди інтенсивних рухів кори, які супроводжуються підвищенням сейсмічності регіону. За досліджуваний період не відмічено відчутних підземних поштовхів, цей період починається в серпні 2015 року, коли було зареєстровано максимум частоти сейсмічного прояву. Сучасні рухи кори в досліджуваний період представлені розширеннями земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. Проведені дослідження геофізичних полів вказали на зв'язок сейсмічного стану та варіацій параметрів геофізичних полів. В основному землетруси відбулися в періоди стиснення порід, відмічених деформографом. Застосування кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори, зокрема швидкостей рухів кори важливе для вивчення сейсотектонічних процесів в регіоні та побудови моделі геологічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині.

### Література

1. Гуда О. Порівняння факторів формування селевих процесів в Басейні річки Тиса (Закарпаття). *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2012. 56. С. 8–12.
2. Продайвода Г., Безродний Д., Безродна І. Дослідження впливу тектонічних деформацій на параметри пружної і акустичної анізотропії залізистих кварцитів Криворізької надглибокої свердловини за математичного моделювання. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2012. 57. С. 8–12.
3. Малицький Д., Ігнатишин В., Коваль Ю. Деформометричні дослідження в зоні Оашського розлому Закарпаття за результатами режимних спостережень на РГС «Тросник», «Королево» та «Берегове». *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2012. 59. С. 7–18.
4. Вижва З. Моделювання сейсмічного шуму у двовимірній області змінних для визначення частотних характеристик геологічного середовища. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2012. 59. С. 65–67.
5. Бублясь В., Бублясь М. Процеси і явища в мікροгеодинамічних зонах покривних відкладів рівнинних територій. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія.* 2013. 60. С. 42–46.
6. Андрієць Т. Методичні засади структурно-морфометричних досліджень гірського рельєфу (на прикладі Крпатського модельного

полігону). *Вісник Київського національного університету ім.Тараса Шевченко. Геологія.* 2013. 61/2. С. 23–26.

7. Лавренюк М. Напружено-деформований стан вологонасиченого масиву під дією гравітації. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2013. 61/2. С. 69–71.

8. Азімов О. Основні методологічні принципи дослідження особливостей будови земної кори дистанційними технологіями. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 64/1. С. 73–77.

9. Міненко Р., Міненко П. Обернені лінійні задачі гравіметрії та магнітометрії з уточнюючими ітераційними поправками вищого порядку. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 64/1. С. 78–82.

10. Василенко А. Ознаки зсуву в межах Закарпатського глибинного розлому. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 65/2. С. 19–23.

11. Андрієць Т. Постмагматична еволюція вулканічних структур центральної частини Вигорлат-Гутинського пасма за даними структурно-морфометричного аналізу. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 65/2. С. 23–28.

12. Ігнатишин В., Малицький Д., Коваль Ю. Динаміка сучасних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 65/2. С. 28–39.

13. Іванік О. Методичне забезпечення прогнозування зсувної небезпеки на регіональному і та локальному рівні: методи, моделі. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 66/3. С. 55–60.

14. Андрієць Т. Реконструкція тектонічної еволюції вулкану Синяк (Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо) в постмагматичні етапи за даними структурно-морфометричного аналізу. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2014. 67/4. С. 23–27.

15. Міненко Р., Міненко П., Мечніков Ю. Сучасний стан проблеми стійуих розв'язків обернених лінійних задач гравіметрії. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченко. Геологія.* 2015. 68/1. С. 86–93.

16. А. Я. Кульчицький. Поверхнева та глибинна динаміка землі за результатами опрацювання GNSS-вимірів і геолого-геофізичних даних (методологічний аспект). *Геодинаміка.* 2012. 1 (12). С. 54–57. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2012.01.054>

17. О. М. Гнилко. Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки стаття 2. Флішові Карпати – давня акреційна призма. *Геодинаміка*. 2012. 1 (12). С. 67–68.

18. О. В. Кендзера, П. Г. Пігулевський, С. В. Щербина, В. К. Свистун, І. Ю. Гурова, Ю. В. Лісовий. Криворізький землетрус 14 січня 2011 року як локальний наслідок сеймотектонічних і техногенних процесів. *Геодинаміка*. 2012. 1 (12). С. 114–119.

19. В. Ю. Максимчук, Т. А. Климкович, В. Г. Кузнецова, І. І. Ярема. Інформативність геомагнітного моніторингу в Закарпатській сейсмоактивній зоні. *Геодинаміка*. 2012. 1 (12). С. 136–144.

20. Ignatyshyn A. V., Ignatyshyn V. V., Izhak T. Y., Verbytsky S. T. Relationship between geomechanical processes in the zone of the Ash Deep fracture and manifestations of local seismicity in transcarpathia. *Зв'язок геомеханічних процесів в зоні Оашського глибинного розлому та проявів місцевої сейсмічності в Закарпатті*. DOI: 10.21893/2709-2313.2021-04-08-028. Innovative Technologien im Leben eines modernen Menschen. Monografische Reihe “Europäische Wissenschaft”. Buch 4. Teil 12. 2021. Innovative technologies in the life of modern man. Monographic series “European Science”. Book 4. Part 12. ScientificWorld-Net Akhat A. V. Karlsruhe 2021. pp.74–86. DOI: 10.21893/2709-2313.2021-04-12.

21. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Ігнатишин М. Б., Вербицький С. Т. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності: спостереження та аналіз. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021)*: матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. Т. 2. 236 с. С. 130–132

22. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Іжак Т. Й., Ігнатишин М. Б., Ігнатишин В. В. (мол). Геофізичні процеси та геодинамічний стан Закарпаття в 2019 році: метеорологічний аспект. Geophysical processes and geodynamic state of Transcarpathia in 2019: meteorological aspect. Heritage of european science: Engineering and Technology, Security, Architecture, Geology, Geography. Monographic series “European Science”. Book 5. Part 2. 2021. Pp. 129–139/ ISB N 978-3-949059-27-8 DOI: 10.30890/2709-2313.2021-05-02

23. Ігнатишин В. В., Ігнатишин А. В., Вербицький С. Т., Ігнатишин М. Б. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому: сейсмічний аспект. *Геологічна наука в незалежній Україні* : збірник тез наукової конференції (Київ, 8–9 вересня 2021 р.) /

НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М. П. Семененка. Київ, 2021. 403 с. С. 130–133.

**Information about the authors:**

**Ihnatyshyn Vasyly Vasylovych,**

Candidate of physical and mathematical sciences (geophysics),  
Senior Research Fellow  
at the Department of Seismicity of Carpathian Region  
Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine;

Associate Professor at the Department of Geography and Tourism  
Ferenc Rákóczi II. Transcarpathian Hungarian Institute  
6, Kossuth square, Beregove, Zakarpattia region, 90202, Ukraine

**Ihnatyshyn Monika Beilivna,**

Leading Engineer at the Department of Seismicity of Carpathian Region  
Subbotin Institute of Geophysics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine  
27, Yaroslavenko str., Lviv, 79011, Ukraine

**Ihnatyshyn Adalbert Vasylovych,**

II category engineer at the Department  
of Seismicity of Carpathian Region  
Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy  
of Sciences of Ukraine  
27, Yaroslavenko str., Lviv, 79011, Ukraine