

УДК 550.34(477.87)

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-2-5>

РАДІОАКТИВНИЙ ФОН СЕРЕДОВИЩА ТА СУЧАСНІ РУХИ КОРИ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ: СЕЙСМІЧНИЙ АСПЕКТ

Ігнатишин Василь Васильович

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

Іжак Тібор Йосипович

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

Молнар Д Стефан Стефанович

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

Закарпатський внутрішній прогин – сейсмогенеруюча геологічна структура. На території Закарпаття щорічно реєструються сотні місцевих підземних поштовхів, серед яких виділяються потужніші землетруси, що відчуються людьми та є індикатором підвищення напружено-деформованого стану порід. В роботі проведено вивчення впливу сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні на прояви місцевої та регіональної сейсмічності, аналіз відгуку на них геофізичних полів, зокрема варіацій радіоактивного фону середовища в центральній частині Закарпаття. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оаиського глибинного розлому за 2022 рік, отримані на пункті деформометричних спостережень «Королеве», представлені розширеннями порід величиною $+1261$ нстр. За цей період на території Карпатського регіону зареєстровано 50 місцевих землетрусів різної магнітуди та глибини. Вказано на існування зв'язку інтенсивних рухів кори та інтервалів підвищеної сейсмічності: землетруси реєструються в періоди інтенсивного стиснення порід, зокрема в зоні Оаиського глибинного розлому. Геомеханічні процеси викликають зміни фізичних характеристик верхніх шарів земної кори, які проявляються в змінах параметрів досліджуваних геофізичних полів, параметрів радіоактивного фону середовища, зокрема гама-випромінювання. Ці події в часовому інтервалі корелюються, радіоактивний фон середовища в період динамічних геомеханічних процесів проявляється через реєстрацію аномальних величин, що може бути застосовано при побудові моделі геодинамічних та сейсмічних процесів в екологічно небезпечних регіонах. Отримані дані доповнюватимуть результати інших досліджень геофізичних процесів та факторів впливу на них при вивченні процесів підготовки та прояву місцевої сейсмічності. Важливо проведення подібних досліджень в північно-західній частині та південно-східній частині Закарпатського внутрішнього прогину, які розкриють нам характер рухів кори в як у вертикальних так і горизонтальних напрямках.

Ключові слова: геодинамічний стан, радіоактивний фон середовища, землетруси, сучасні горизонтальні рухи кори, Закарпатський внутрішній прогин, геологічні структури

RADIOACTIVE BACKGROUND OF THE ENVIRONMENT AND MODERN MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST IN THE TRANSCARPATHIAN INNER TROUGH: SEISMIC ASPECT

Ihnatyshyn Vasyl Vasylovych

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

Izhak Tibor Yosypovych

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

Molnar D Stefan Stefanovych

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Geography and Tourism,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136

Transcarpathian Inner Trough is a seismogenic geological structure. Hundreds of local earthquake shocks are registered annually in Transcarpathia, among which the most powerful earthquakes are felt by people and are a natural indicator of an increase in the stress-strain state of rocks. The paper examines the impact of modern horizontal movements of the crust in the region on manifestations of local and regional seismicity, analyzes the response of geophysical fields to them, in particular, variations of the radioactive background of the environment in the central part of Transcarpathia. The modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area for 2022, obtained at the Korolevo deformation observation point, are represented by rock extension value of +1261 nstrain. Over this period, 50 local earthquakes of varying magnitude and depth were registered in the Carpathian region. The existence of a connection between intensive crustal movements and intervals of increased seismicity is indicated: earthquakes are recorded during periods of intense rock compression, in particular in the Oaş deep-seated fault area. Geomechanical processes cause changes in the physical characteristics of the upper layers of the Earth's crust, which are manifested in changes in the parameters of the studied geophysical fields, parameters of the radioactive background parameters of the environment, in particular gamma radiation. These events correlate in the time interval, and the radioactive background of the environment during dynamic geomechanical processes is manifested through the registration of anomalous values, which can be used to build a model of geodynamic and seismic processes in environmentally hazardous regions. The obtained data will complement the results of other studies of geophysical processes and factors influencing them when studying the processes of preparation and manifestation of local seismicity. It is important to carry out similar studies in the north-western part and the south-eastern part of the Transcarpathian internal depression, which will reveal to us the nature of crustal movements in both vertical and horizontal directions.

Key words: Geodynamic state, seismic activity, radioactive background of the environment, earthquakes, modern lateral movements of the Earth's crust, Transcarpathian Inner Trough, geological structures, Oaş deep-seated fault

Постановка проблеми. Закарпатський внутрішній прогин-геологічна структура на території Закарпаття, яка характерна реєстрацією місцевих підземних поштовхів, що проявляють себе з певною періодичністю. Згідно карти сейсмічного районування, Закарпаття відзначено як потенційну сейсмо-небезпечну територію на якій можливі 7–8

бальні землетруси за шкалою MSK-64. Закарпаття також розділяють за частотою прояву місцевих землетрусів на певні ділянки, які чергуються за сейсмічною активністю. Частота прояву місцевих поштовхів коливається в інтервалі від одного до шести відчутних землетрусів за рік. Сейсмічними станціями, змонтованими на території Закарпаття, Прикарпаття щорічно реєструються сотні слабких підземних поштовхів, малої магнітуди та інтенсивності (реєструються тільки приладами). В даній роботі вивчалися зв'язки параметрів радіоактивного фону середовища із сучасними горизонтальними рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічністю на території Карпат та прилеглих територій сусідніх держав, оскільки таких досліджень на території регіону проведено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведено аналіз публікацій, де вказані результати досліджень в регіоні геодинамічного, гідрологічного та сейсмічного станів. В (Бондар, 2012) показана можливість створення комплексних моделей розвитку і змін адаптивних стратегій археологічних культур на підставі даних геофізичних досліджень. Аналіз розподілу територією України визначних паводків і водопіль показав, що переважна кількість руйнівних паводків припадає на Українські Карпати (Гопченко та ін., 2028). В (Назаревич та ін., 2019) розроблена методика дослідження і врахування метеотемпературних впливів на деформографічні дані, яка дає змогу ефективно враховувати метеотермопружні деформації та провісники землетрусів (Kuzmenko Kuzmenko et al., 2019). У роботі (Гетманець та ін., 2019) вперше доведена можливість застосування кластерного аналізу для побудови карти радіаційного забруднення довкілля. Досліджено низку геотуристичних об'єктів Закарпатської області, які відображають зародження Карпатського седиментаційного басейну (Гнилко та ін., 2019). Також актуальними є дослідження мінливості мінімального стоку води, що є показниками небезпечності і катастрофічності (Ободовський та ін., 2019). В (Ступка, 2018)

показано, що перехід теоретичної тектоніки на мобілістичні позиції змінив уявлення про природу основних геологічних процесів. Обернення хвильових форм лише прямих Р-хвиль, запропоноване в роботі (Малицький, 2018), дає змогу визначити механізм вогнища землетрусу за даними малої кількості станцій. За даними мереж ГНСС-станцій проаналізовано горизонтальні деформації території Карпато-Балканського регіону (Третьак та Брусак, 2019). Визначено взаємозв'язки між структурно-тектонічними особливостями будови центральної частини Закарпатського прогину, сучасним геодинамічним розвитком фундаменту регіону та особливостями поширення сейсмічних хвиль і формування вогнищ локальних землетрусів (Козловський, 2019). В (Лазаренко та ін., 2019) проведено пошуки короткострокового попередження вступу руйнівних струсів території України шляхом оцінки магнітуди і параметрів локалізації джерела землетрусу. Аналіз сейсмічних даних дає можливість визначити параметри місцевої сейсмічності та динамічні параметри місцевих землетрусів (Вербицький та ін., 2019). На території Закарпатського внутрішнього прогину досліджуються варіації різноманітних геофізичних полів, метеорологічного та гідрогеологічного станів, виявлено гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів регіону, (Ігнатишин та ін., 2022).

Постановка завдання. Метою дослідження є вивчення впливу сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні на прояви місцевої та регіональної сейсмічності, геофізичні поля. **Об'єктом дослідження** є геодинамічний стан Оашського глибинного розлому, сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину та Карпатського регіону, просторово-часовий розподіл радіоактивного фону середовища в центральній частині Закарпаття. **Предметом дослідження** є зв'язок сучасних горизонтальних рухів кори та прояву місцевої сейсмічності, варіації радіоактивного фону (гама-випромінювання), його відгук на геомеханічні явища. **Методи дослідження** включають в себе аналіз просторово-часових розподілів сейсмічності всього Карпатського регіону

за 2022 рік, аналіз та характеристика гама-випромінювання, сучасних горизонтальних рухів кори, вивчення кореляції спостережуваних геофізичних полів. В роботі використано результати режимних геофізичних спостережень Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за 2022 рік (рисунок 1).

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно поставлених цілей в роботі проведено детальний аналіз спостережуваних на території Закарпатського внутрішнього прогину параметрів геофізичних полів, зокрема радіоактивного фону середовища через дослідження варіацій гама-випромінювання, виміряне на режимній геофізичній

станції «Тросник» (с. Тросник, Берегівський район, Закарпатська область) в 2022 році. Для вимірювання використано прилад ДП-5В, який дає можливість спостерігати потужність експозиційної дози йонізуючого випромінювання. Проводилися вимірювання спостережуваної величини 4 рази на добу, розраховувалися середньодобові величини, які використовувалися при побудові просторово-часових розподілів, одиниці вимірювання: мкР/год. Дослідження проведено у формі вивчення місячних інтервалів та поступовим узагальненням за рік. На рисунку 2 представлено часовий розподіл гама-випромінювання на режимній геофізичній станції «Тросник» в січні 2022 року. Величина середньодобового гама-випромінювання за січень місяць становить: 16.2 мкР/год.

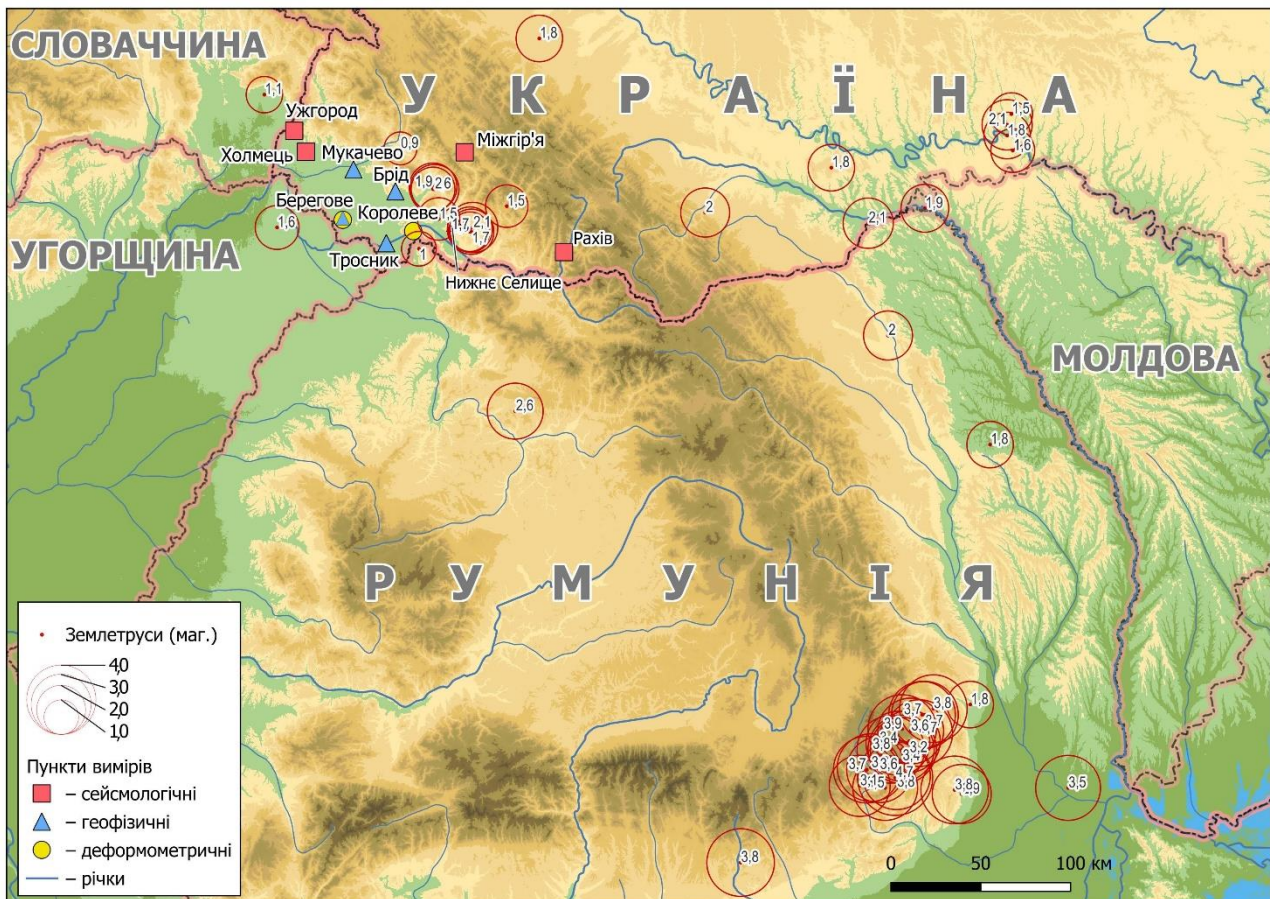


Рис. 1. Режимні геофізичні спостереження в Закарпатському внутрішньому прогині та сейсмічність Карпатського регіону за 2022 рік за результатами сейсмологічного бюлетеня підготовленого Відділом сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Період коливання вимірюваної величини змінюється від 2-х до 7 діб, амплітуда коливання становить: 5–7.5 мкР/год. З метою вивчення зв'язку варіацій геофізичних полів із геодинамічним станом регіону, зокрема в центральній частині Закарпаття, в зоні Оашського глибинного розлому. Для цього використано таблиці зміщень верхніх шарів земної кори, виміряні на пункті деформометричних спостережень «Королеве» (с. Королеве, Берегівський район, Закарпатська область). За січень 2023 року в зоні Оашського глибинного розлому виміряно сучасні горизонтальні рухи кори, які представлені розширенням порід величиною: -4.83 мкм (рисунок 2,б). Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2022 року характерні поступовим розширенням порід на початку місяця, що різко переходить в стиснення та завершується новим розширенням порід в другій та третій декаді місяця. Важливо визначити ступінь взаємозв'язку рухів кори та відгуку на них геофізичних полів в регіоні. Ефективним методом для вирішення цього питання є розрахунок кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори, зокрема швидкості та прискорення геомеханічних процесів. На рисунку 3,а показано швидкості зміщення верхніх шарів земної

кори за січень 2022 року, період зміни знаку розширення порід на стиснення виділяється аномальними величинами швидкостей руху кори.

Проаналізовано варіації зміни параметрів радіоактивного фону середовища та швидкостей рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому з метою вивчення відгуків геофізичних полів на інтенсивні рухи кори в сейсмоактивних регіонах(рисунок 3,б). Аналіз вищенаведеного графіку приводить до висновків, щодо зв'язків геофізичних полів: інтервали часу під час яких вимірюють підвищені величини радіоактивного фону співпадають із часовими інтервалами стиснення порід, або наступають за періодами стиснення порід. Важливо звернути увагу на інтервал час характерний підвищеними величинами швидкостей рухів, в момент зміни напрямку сучасних горизонтальних рухів із стиснення на розширення порід- радіоактивний фон представлений зменшенням його величини, яке переходить в зростання при інтенсивному розширенні порід. Таким чином, на характер та динаміку проявів гама випромінювання впливає величина швидкості геомеханічних рухів, незалежно від їх характеру-стиснення чи розширення. Особлива задача у вирішенні поставлених цілей полягає у вирішенні

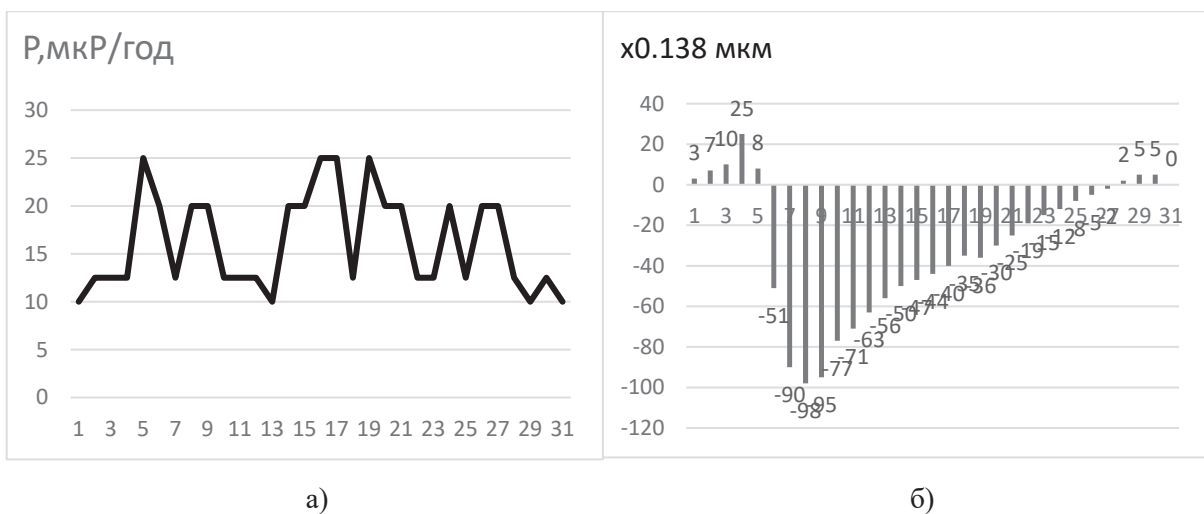


Рис. 2. а) Часовий розподіл радіоактивного фону(гама-випромінювання) за січень 2022 року; б) Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2022 року. Режимна геофізична станція «Тросник»

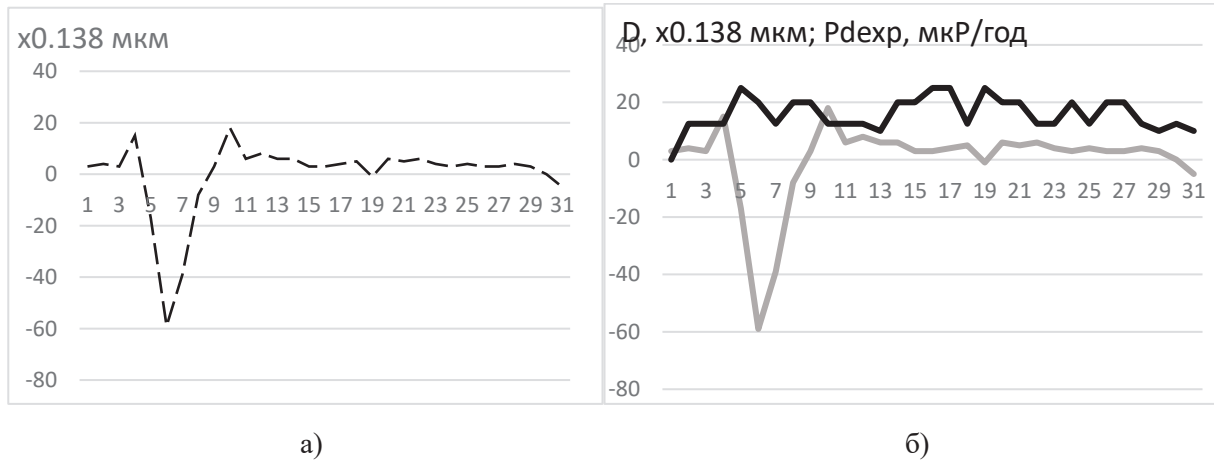


Рис. 3. а) Швидкість зміни зміщення верхніх шарів порід в зоні Оашського глибинного розлому за січень 2022 року; б) Комплексний аналіз геофізичних полів в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину: швидкість рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива сірого кольору; варіації радіоактивного фону середовища (крива чорного кольору). Січень 2022 року. Закарпатський внутрішній прогин

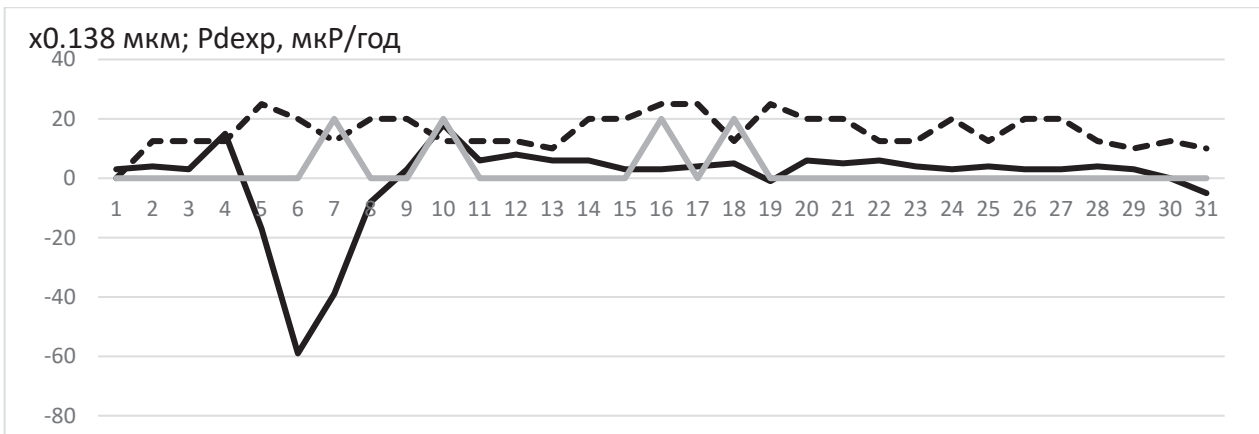


Рис. 4. Комплексний аналіз геофізичних полів в Карпатському регіоні за січень 2022 року: швидкість рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива чорного кольору); варіації параметрів радіоактивного фону середовища в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (пунктирна лінія); сейсмічний стан Карпатського регіону (крива сірого кольору)

питання взаємозв'язків геофізичних полів та сейсотектонічними процесами. Модель процесів полягає в тому, що геодинамічний стан є однією із причин підвищення сейсмічності регіону, в свою чергу геодинаміка регіону впливає на параметри геофізичних полів, визначаючи періоди підготовки та прояву місцевих землетрусів, тобто майбутнього передбачення екологічно-небезпечних геологічних процесів. Результати сейсмічної активності можна отримати, якщо проаналізувати сейсмологічний бюлетень за вказаний період за даними сітки сейсмічних станцій Карпатської

дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. В січні 2022 року на території Закарпатського внутрішнього прогину сейсмічними станціями не зареєстровано жодного сильного землетрусу, в той же час в Карпатському регіоні та прилеглих територіях зареєстровано 4 землетруси в різний час доби та різної магнітуди: 7.01.2022, 10.01.2022, 16.01.22, 18.01.2022 рр.). На рисунку 4 представлено комплексний графік просторово-часового розподілу сейсмічності

Карпатського регіону, сучасних рухів кори в Закарпатському внутрішньому прогині та часових варіацій радіоактивного фону в центральній частині Закарпаття.

Аналіз результатів геофізичного моніторингу регіону приводить до важливих висновків. Сучасні рухи кори корелюють із сейсмічністю в регіоні: інтенсивні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічні прояви співпадають в часових інтервалах, зокрема інтенсивне стиснення порід супроводжувалося землетрусом, а розширення порід завершилося наступним підземним поштовхом. Необхідно відзначити, що сейсмічні події відбулися на території Румунії на відстані 200–400 км, що також впливає на зв'язок сеймотектонічних процесів та на відгук геофізичних полів на ці процеси. Розраховано величини кореляцій досліджуваних геофізичних полів періоди сейсмічної активізації: -0.18 (швидкість рухів кори та радіоактивний фон); -0.19 (рухи кори та радіоактивний фон). Зв'язок сейсмічного та геодинамічного станів в регіоні очевидний та підтверджує вирішальну роль геомеханічних процесів на геологічних структурах в порушенні екологічного стану регіону, його геофізичного аспекту. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за весь 2022 рік представлені загальним розширенням порід величиною: $+1261$ нстр (нанострейн), що є характерним процесом для

Карпато-Балканського регіону (рисунок 5,а). В цей період на території Карпатського регіону сейсмічними станціями, розташованими на території України зареєстровано 50 підземних поштовхів різної магнітуди, глибини гіпоцентрів та епіцентральної відстані, які охоплюють Карпати та прилеглі території (рисунок 5,б).

Періодичність прояву місцевої сейсмічності становить 2–3 місяці, що виділено на графіку просторово-часового розподілу (рисунок 5,б). Представлено часовий розподіл радіоактивного фону середовища за 2022 рік на РГС «Тросник» (рисунок 6, а).

Середньомісячна величина радіоактивного фону в регіоні становить 16.27 мкР/год. Землетруси зареєстровані в регіоні відбуваються в періоди знакозмінних сучасних горизонтальних рухах кори: як при стисненні так і розширенні порід, при інтенсивних рухах так і при підвищених швидкостях геомеханічних рухів. Дослідження зв'язків параметрів геофізичних полів та їх відгуків на протікаючі геологічні процеси, зокрема сучасні рухи кори та підземні поштовхи важливе в плані вивчення будови земної кори, моделюванні екологічно небезпечних процесів, їх сейсмічних та геофізичних аспектів. Як видно із рисунку 6,б сучасні горизонтальні рухи кори супроводжуються періодично геологічними процесами -землетрусами, при цьому охоплено більшу площу територій. Спочатку

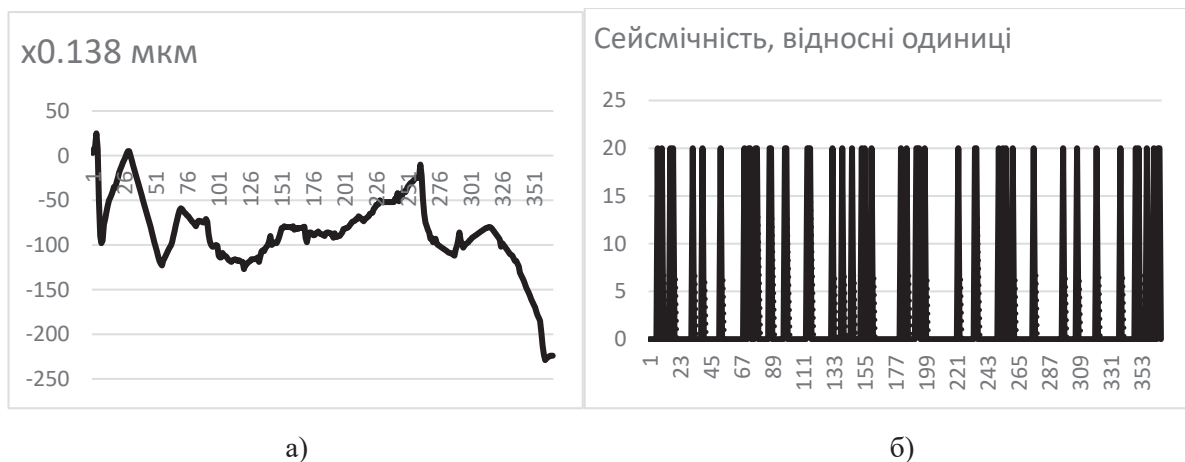


Рис. 5. а) Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому; б) Сейсмічна активність регіону. 2022 рік

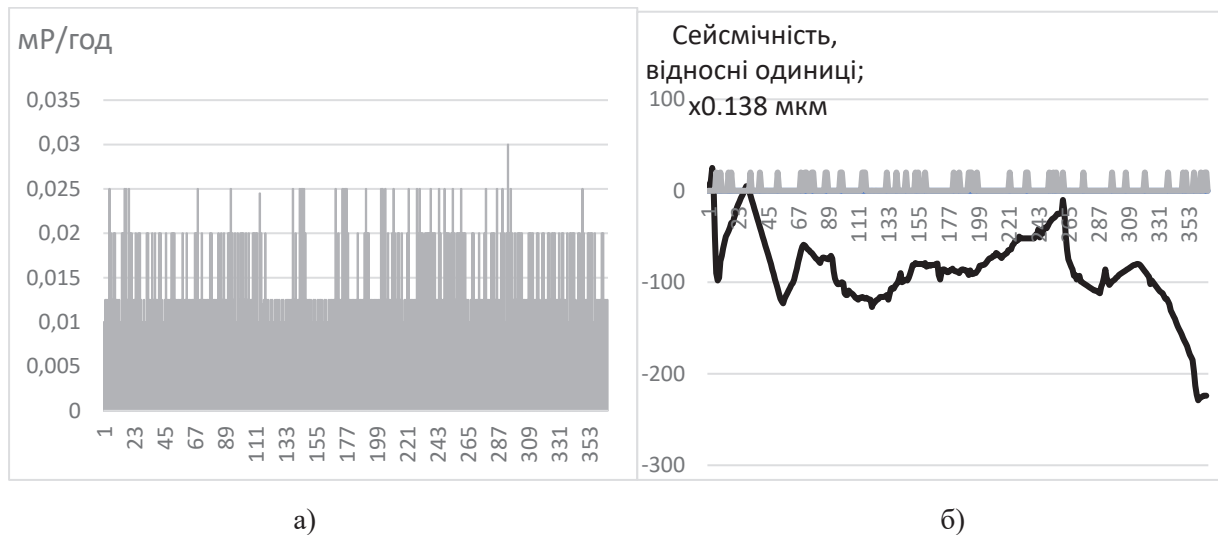


Рис. 6. а) Варіації радіоактивного фону середовища в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину за 2022 рік; б) радіоактивний фон середовища (крива чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору), 2022 рік.

дослідження геофізичних явищ проводилися на території Закарпатського внутрішнього прогину, які показали на вплив тектонічних процесів на екологічний стан регіону та на варіації параметрів окремих геофізичних полів (Ігнатишин та ін., 2021; Ігнатишин, 2022). В (Назаревич та ін., 2016) застосовано комплексний аналіз сейсмічних, геологічних та геодезичних даних, зокрема із залученням сучасних методик та найновіших результатів досліджень про сейсмічність Карпатського регіону України за історичний період та період інструментальних спостережень, нових методів аналізу макросейсмічних полів та уточнення гіпоцентрів Закарпатських землетрусів, аналіз геології та тектоніки поширених тут при поверхневих покривів насупного типу. Сучасні горизонтальні рухи кори в регіоні на графіку вікових ходів характерні періодичністю, яка міняється від одного місяця до 3–4 місяців, що може вказувати на вплив сезонних деформацій на загальне стиснення порід. Максимуми зміщень земної кори супроводжуються серіями регіональних підземних поштовхів, стиснення порід (мінімуми зміщень земної кори) також характерні проявом місцевої сейсмічності але меншої частоти. Часовий розподіл радіоактивного фону накладений на просторово-часовий розподіл

місцевої та регіональної сейсмічності вказує на реакцію параметра геофізичного поля, зокрема, гама-випромінювання (рисунок 7).

Аналізуючи отримані результати досліджень, показано, що в інтервалах часу, які характеризуються підвищеною сейсмічністю реєструються аномальні варіації спостережуваних параметрів радіоактивного фону середовища (бета- та гама-випромінювання), що можна віднести до реакції геофізичного поля на наявні сеймотектонічні процеси в досліджуваних територіях.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Закарпаття та прилеглі регіони характерні періодичною сейсмічністю, зокрема слід вказати на зв'язок сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину, зони Вранча, Прикарпаття та інших регіонів Карпат. Розглянуто сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2022 рік, отримані на пункті деформометричних спостережень «Королеве», які представлені розширеннями порід величиною: +1261 нстр (зміщення порід становить +30,9 мкм). Ця величина знаходиться в інтервалі реєстрованих горизонтальних рухів в Карпато-Балканському регіоні за останні часові періоди. За цей період на території Карпатського регіону зареєстровано 50 місцевих землетрусів різної

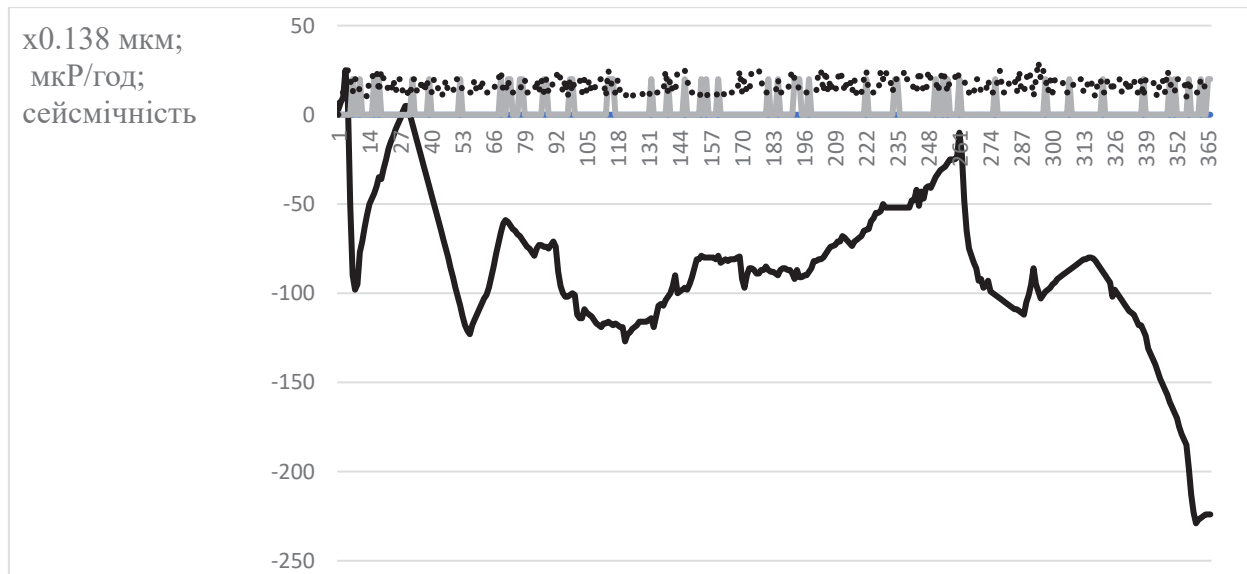


Рис. 7. Комплексний аналіз геофізичних полів та геодинаміки регіону за 2022 рік: сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива чорного кольору), сейсмічність Карпатського регіону (діаграма сірого кольору), радіоактивний фон середовища в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (пунктирна лінія чорного кольору).

магнітуди та глибини. Вказано на існування зв'язку інтенсивних рухів кори та інтервалів підвищеної сейсмічності: землетруси реєструються в періоди інтенсивного стиснення порід, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому. Геомеханічні процеси викликають зміни фізичних характеристик верхніх шарів земної кори, які проявляються в змінах параметрів досліджуваних геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землі, електромагнітної емісії, параметрів радіоактивного фону середовища, зокрема гама-випромінювання. Аналіз геофізичних полів показав на реакцію, відгук параметрів цих полів на геологічні процеси в регіоні: сучасні горизонтальні рухи кори та місцеві землетруси,

які корелюються між собою. Радіоактивний фон середовища в період динамічних геомеханічних процесів проявляється через реєстрацію аномальних величин, що може бути застосовано при побудові моделі геодинамічних та сейсмічних процесів в екологічно небезпечних регіонах. Отримані дані доповнюватимуть базу даних дослідження геофізичних процесів, та факторів впливу на них при вивченні процесів підготовки та прояву місцевої сейсмічності. Важливо розширення досліджень в північно-західній та південно-східній частинах Закарпатського внутрішнього прогину, які розкриють нам характер рухів кори в як у вертикальних так і горизонтальних напрямках.

Література

1. Бондар К. Геофізичні методи при дослідженні взаємозв'язків між природними та історичними процесами. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2012, № 59. С. 17–21.
2. Гопченко Є., Овчарук В., Шакірманова Ж., Гопцій М., Траскова А., Швець Н., Сербова З., Тодорова О. Моделювання екстремально високих паводків на прикладі гірських регіонів України. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2018, № 3(82). С. 6–15.
3. Назаревич А., Назаревич Л., Баштевич М. Виділення малоамплітудних деформаційних аномалій – провісників місцевих Закарпатських землетрусів з урахуванням метеопружних деформацій. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019, № 1 (84). С. 21–26.
4. Kuzmenko E., Bagriy S., Fedoriv V., Shtogrin N., Dzoba U. Determination of the Petroleum Pollution Sources for Groundwater (on the Example of Solotvin Territory in the Precarpathians). *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019, № 3(86). С. 40–47.

5. Гетманець О., Некос А., Пеліхатий М. Кластерний аналіз і радіаційний моніторинг довкілля. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019, № 3(86). С. 75–79.
6. Гнилко О., Шевчук В., Божук Т., Богданова М., Гнилко С. Геологічні/ геотуристичні об'єкти Закарпатської області як відображення геологічної історії Карпат. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019, № 4(86). С. 6–13.
7. Ободовський О., Лук'янець О., Почасевець О., Москаленко С. Багаторічна мінливість абсолютних річних мінімумів стоку води річок України. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019, № 4(86). С. 89–95.
8. Ступка О. “Молоді платформи” – традиційні уявлення і реальність (геодинамічний аспект). *Геодинаміка*. 2018, № 1(24). С. 51–59.
9. Малицький Д., Гнип А., Грицай О., Муровська А., Кравець С., Козловський Е., Микита А. Механізм вогнища і тектонічний контекст землетрусу 29.09.2017 р. поблизу м. Стебник. *Геодинаміка*. 2018, № 1(24). С. 60–79.
10. Третяк К., Брусак І. Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС-станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка*. 2019, № 1(28). С. 5–18.
11. Козловський Е.М., Максимчук В., Малицький Д., Тимошук В.Р., Грицай О.Д., Пирожок Н. Взаємозв'язок структурно-тектонічних та сейсмічних характеристик Центральної частини Закарпатського прогину. *Геодинаміка*. 2019, № 1(28). С. 62–70.
12. Лазаренко М. А., Герасименко О. А., Остапчук, Н. М., Шіпко Н. Л. Нейромережева оцінка параметрів локалізації і магнітуди джерел землетрусів за початковими ділянками записи сейсмічного сигналу. *Геофізичний журнал*. 2019, 41(1). С. 200–214. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158874>.
13. Вербицький С.Т., Вербицький Ю.Т., Стецьків О.Т. Ніщіменко І.М. Автоматизована підсистема обробки та аналізу даних сейсмічних спостережень Карпатського регіону. *Геофізичний журнал*. 2019, 41(2). С. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164467>.
14. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. *Вісник Київського національного університету ім.Тараса Шевченка. Геологія*, 2022. 98(3). С. 42-48.
15. Ігнатишин Василь Васильович, Ігнатишин Адальберт Васильович, Вербицький Сергій Тарасович, Ігнатишин Моніка Бейлівна, Іжак Тібор Йосипович. Оцінка сейсмотектонічних процесів в Карпатському регіоні із застосуванням динамічних характеристик сучасних горизонтальних рухів. *Scientific trends: modern challenges. Volume 1: collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2021. 202 p. pp.35–44. ISBN 978-1-7364133-2-6.*
16. Ігнатишин В.В. Дослідження варіацій параметрів радіоактивного фону середовища та їх зв'язку із сейсмотектонічними процесами. Сучасний педагог: колективна наукова монографія. Дніпро: Акцент ПП, 2022, Т. 4, С. 39–49.
17. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є., Шлапінський В.Є. Сейсмічність, геологія, сейсмотектоніка і геодинаміка району Теремле-Ріцької ГЕС (Українське Закарпаття). *Геодинаміка*. 1(20)/2016. С. 170–192.

References

1. Bondar K. (2012). Neofizychni metody pry doslidzhenni vzaiemozv'iazkiv mizh pryrodnymy ta istorychnymy protsesamy [Geophysical methods in the study of relationships between natural and historical processes]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 59. pp. 17-21. [in Ukrainian].
2. Іє. Нопченко, В. Овчарук, Ж. Шакирзанова, М. Ноптсїї, А. Траскова, Н. Шветс, З. Сербова, О. Тодорова. (2018). Modeliuvannia ekstremalno vysokikh pavodkiv na prykladi hirskykh rehioniv Ukrainy [Modeling of extremely high floods on the example of mountainous regions of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3(82). P. 6-15. [in Ukrainian].
3. А. Nazarevych, L. Nazarevych, M. Bashtevych. (2019). Vydilennia maloamplitudnykh deformatsiinykh anomalii – provisnykiv mistsevykh Zakarpatskykh zemletrusiv z urakhuvanniam meteoprzhnykh deformatsii [Identification of low-amplitude deformation anomalies – harbingers of local Transcarpathian earthquakes, taking into account meteoelastic deformations]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 1(84). pp. 21-26. [in Ukrainian].
4. E. Kuzmenko, S. Bagriy, V. Fedoriv, N. Shtogrin U. Dzoba. (2019). Determination of the Petroleum Pollution Sources for Groundwater (on the Example of Solotvin Territory in the Precarpathians). *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3(86). pp. 40-47.

5. O. Hetmanets, A. Nekos, M. Pelikhatyi (2019). Klasternyi analiz i radiatsiyni monitorynh dovkillia [Cluster analysis and radiation monitoring of the environment]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3(86). pp. 75-79. [in Ukrainian].
6. O. Hnylko, V. Shevchuk, T. Bozhuk, M. Bohdanova, S. Hnylko (2019). Heolohichni/heoturystychni obiekty Zakarpatskoi oblasti yak vidobrazhennia heolohichnoi istorii Karpat [Geological/geotourism objects of the Zakarpattia region as a reflection of the geological history of the Carpathians]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 4(86). pp. 6-13. [in Ukrainian].
7. O. Obodovskyi, O. Lukianets, O. Pochaievets, S. Moskalenko (2019). Bahatorichna mindyvist absoliutnykh richnykh minimumiv stoku vody richok Ukrainy [Long-term variability of the absolute annual minimum water flow of the rivers of Ukraine]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 4(86). pp. 89-95. [in Ukrainian].
8. O. Stupka (2018). "Molodi platformy" – tradytsiini uiavlennia i realnist (heodynamichniy aspekt) ["Young platforms" – traditional ideas and reality (geodynamic aspect)]. *Heodynamika*, 1(24). pp. 51-59. [in Ukrainian].
9. D. Malyskyi, A. Hnyp, O. Hrytsai, A. Murovska, S. Kravets, E. Kozlovskyi, A. Mykyta (2018). Mekhanizm vohnyshcha i tektonichniy kontekst zemletrusu 29.09.2017 r. poblyzu m. Stebnyk [The mechanism of the outbreak and the tectonic context of the earthquake on September 29, 2017 near the city of Stebnyk]. *Heodynamika*. № 1(24). pp. 60-79. [in Ukrainian].
10. K. Tretiak, I. Brusak. (2019). Doslidzhennia vzaiemozv'iazku seismichnosti ta suchasnykh horyzontalnykh zmishchen za danymy permanentnykh HNSS-stantsii u Karpato-Balkanskomu rehioni [Research on the relationship between seismicity and modern horizontal displacements based on the data of permanent GNSS stations in the Carpatho-Balkan region]. *Heodynamika*. № 1(28). pp. 5-18. [in Ukrainian].
11. E.M. Kozlovskyi, V. Maksymchuk, D. Malyskyi, V.R. Tymoshchuk, O.D. Hrytsai, N. Pyrozhok (2019). Vzaiemozviazok strukturno-tektonichnykh ta seismichnykh kharakterystyk Tsentralnoi chastyny Zakarpatskoho prohynu [Interrelationship of structural-tectonic and seismic characteristics of the Central part of the Transcarpathian depression]. *Heodynamika*. № 1(28). pp. 62-70. [in Ukrainian].
12. M.A. Lazarenko, O.A. Herasymenko, N.M. Ostapchuk, N.L. Shipko (2019). Neiromerezheva otsinka parametriv lokalizatsii i mahnitudy dzherel zemletrusiv za pochatkovymy diliankam zapysy seismichnoho syhnalu [Neural network estimation of the parameters of localization and magnitude of earthquake sources based on the initial sections of the seismic signal recording]. *Heofizychnyi zhurnal*, 41(1), pp. 200–214. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158874> [in Ukrainian].
13. S.T. Verbytskyi, Yu.T. Verbytskyi, O.T. Stetskiy, I.M. Nishchimenko (2019). Avtomatyzovana pidsystema obrobky ta analizu danykh seismichnykh sposterezhen Karpatskoho rehionu [Automated subsystem for processing and analyzing data from seismic observations of the Carpathian region]. *Heofizychnyi zhurnal*. 41. pp. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164467>. [in Ukrainian].
14. Ihnatyshyn V.V., Malyskyi D.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. (2022). Hidroheolohichniy aspekt seismotektonichnykh protsesiv u Zakarpatskomu vnutrishnmu prohyni [Hydrogeological aspect of seismotectonic processes in the Transcarpathian internal depression]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Heolohiia*. 98(3). pp. 42-48. [in Ukrainian].
15. Ihnatyshyn Vasyl Vasylovych, Ihnatyshyn Adalbert Vasylovych, Verbytskyi Serhii Tarasovych, Ihnatyshyn Monika Beilivna, Izhak Tibor Yosypovych (2021). Otsinka seismotektonichnykh protsesiv v Karpatskomu rehioni iz zastosuvanniam dynamichnykh kharakterystyk suchasnykh horyzontalnykh rukhiv [Assessment of seismotectonic processes in the Carpathian region using dynamic characteristics of modern horizontal movements]. *Scientific trends: modern challenges. Volume 1: collective monograph*. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services. pp. 35–44. ISBN 978-1-7364133-2-6. [in Ukrainian].
16. Ihnatyshyn V.V. (2022). Doslidzhennia variatsii parametriv radioaktyvnoho fonu seredovyshcha ta yikh zv'iazku iz seismotektonichnymy protsesamy [Study of variations in the parameters of the radioactive background of the environment and their connection with seismotectonic processes]. *Suchasnyi pedahoh: kolektyvna naukova monohrafiia*. Dnipro: Aktsent PP. T. 4. pp. 39–49. [in Ukrainian].
17. Nazarevych A.V., Nazarevych L.Ie., Shlapynskyi V.Ie. (2016). Seismichnist, heolohiia, seismotektonika i heodynamika raionu Tereble-Ritskoi HES (Ukrainske Zakarpattia) [Seismicity, geology, seismotectonics and geodynamics of the Tereble-Ritskaya HPP district (Ukrainian Transcarpathia)]. *Heodynamika*. 1(20). pp. 170–192. [in Ukrainian].