

УДК 550.34

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5843/2023-1-4>

МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ГЕОДИНАМІЧНОГО СТАНУ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ ЗА 2021 РІК

Ігнатишин Василь Васильович

кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник відділу сейсмічності Карпатського регіону,
Інститут геофізики імені С. І. Субботіна Національної академії наук України, 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, 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, доцент,
доцент кафедри географії та туризму,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0003-2959-9136

Рац Адальберт Йосипович

PhD, доцент,
доцент кафедри історії та суспільних наук,
проректор із навчально-методичної роботи,
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна
ORCID ID: 0000-0003-3780-2843

У статті представлено результати аналізу рядів вимірюваних величин метеорологічного стану, геодинамічного стану регіону через реєстрацію сучасних горизонтальних рухів кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину та прояву місцевої сейсмічності за 2021 рік. Закарпаття – регіон України, характерний підвищеною сейсмічною активністю: тут періодично реєструють підземні поштовхи різної енергії, відповідно різної магнітуди. На території Закарпатського внутрішнього прогину щорічно відбуваються місцеві землетруси із періодичністю від одного до шести подій, на фоні слабких низькоенергетичних струшувань, кількість яких перевищує сотні подій. Відомо, що землетруси відбуваються при зміні геодинамічного стану регіону. В центральній частині Закарпаття, в зоні Оаиського глибинного розлому проводяться вимірювання горизонтальних зміщень верхніх шарів земної кори за допомогою горизонтального кварцового деформометра базою 24,5 м, орієнтованого на схід-захід. Землетруси відбуваються в інтервалах коли фіксують інтенсивні рухи кори (стиснення або розширення порід). За 2021 рік зміщення порід в досліджуваному регіоні представлено розширеннями верхніх шарів земної кори величиною $+1261$ нстр (нанострейн), яке підтверджує загальне розширення порід, виявлене раніше. На динаміку сучасних горизонтальних рухів кори суттєво впливають фактори-завади, що можуть підвищити кінематичні характеристики геодинаміки регіону та змінити процес підготовки та прояву місцевої сейсмічності. У статті розглянуто варіації температури атмосферного повітря, виміряні на режимній геофізичній станції, побудовано часовий розподіл температури протягом кожного місяця та в місячному діапазоні. Розраховано середньо-

місячні величини температури повітря в точці спостережень, середньорічну величину температури атмосферного повітря, побудовано графіки, середньорічна величина температури повітря становить: $+8,21^{\circ}\text{C}$. Проведено розрахунок ступеню кореляції варіацій рядів спостережуваних величин-температури повітря, сейсмічної активності та сучасних рухів кори. Відмічено інтервали зниження температури повітря, яке приводить до стиснення порід та розрядки напружено-деформованого стану порід через прояв місцевої сейсмічності.

Ключові слова: метеорологічний стан, температура атмосферного повітря, сучасні горизонтальні рухи кори, деформометрична станція, сейсмічність регіону, землетруси.

METEOROLOGICAL ASPECT OF THE GEODYNAMIC STATE OF THE TRANSCARPATHIAN INTERNAL TROUGH FOR 2021

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

Rats Adalbert Yosypovych

PhD, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of History and Social Sciences,
Vice-Rector for Educational and Methodological Work,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Berehove, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3780-2843

The article presents the results of the analysis of a series of measured values of the meteorological state, the geodynamic state of the region through the registration of modern horizontal movements of the crust in the central part of the Transcarpathian internal depression and the manifestation of local seismicity for the year 2021. Transcarpathia is a region of Ukraine characterized by increased seismic activity: earthquakes of various energies and magnitudes are periodically recorded here. On the territory of the Transcarpathian internal depression, local earthquakes occur annually with a frequency of one to six events, against the background of weak low-energy tremors, the number of which exceeds hundreds of events. It is known that earthquakes occur when the geodynamic state of the region changes. In the central part of Transcarpathia, in the zone of the Oash deep fault, horizontal displacements of the upper layers of the earth's crust are measured using a horizontal quartz strain gauge with a base of 24.5 m, oriented east-west. Earthquakes occur in intervals when intensive movements of the crust (compression or expansion of rocks) are recorded. For the year 2021, the displacement of rocks in the studied region is represented by the expansion of the upper layers of the earth's crust with a value of $+1261\text{ nstr}$ (nano strain), which confirms

the general expansion of rocks identified earlier. The dynamics of modern horizontal movements of the crust are significantly influenced by disturbing factors that can increase the kinematic characteristics of the geodynamics of the region and change the process of preparation and manifestation of local seismicity. The article examines the variations in atmospheric air temperature measured at the regular geophysical station, the time distribution of temperature during each month and in the monthly range is plotted. Average monthly values of air temperature at the point of observation, average annual value of atmospheric air temperature were calculated, graphs were constructed, the average annual value of air temperature is: $+8.21^{\circ}$ C. The degree of correlation of variations of series of observed values – air temperature, seismic activity and modern crustal movements was calculated. Intervals of a decrease in air temperature, which leads to compression of rocks and relaxation of the stress-strain state of rocks due to the manifestation of local seismicity, were noted.

Key words: meteorological condition, atmospheric air temperature, modern horizontal movements of the crust, strain gauge station, seismicity of the region, earthquakes.

Вступ. Актуальність вивчення результатів моніторингу геофізичних полів в Закарпатті очевидна із-за декількох причин. По-перше, Закарпаття зазнає періодично зміни екологічного стану через наявні в регіоні природні катастрофічні явища такі як паводки та повені. Прикладом можуть бути процеси гідрологічного характеру, які відбулися в 1998 та 2000 роках, що принесли руйнування. По-друге, географічне положення Закарпаття, геологічна будова регіону є причиною негативних геомеханічних процесів-зсувів, землетрусів. Відомо, що Закарпаття є сейсмонезбезпечний регіон, де відбуваються місцеві землетруси з різною періодичністю. Проте на фоні сотень мікроземлетрусів протягом року можуть бути зареєстровані і сильніші, відчутні населенням краю підземні поштовхи. Такі відчутні землетруси відбуваються протягом року з частотою 2-6 поштовхів, проте періоди прояви тут також змінюються. Слід відмітити, що виявлено періоди сейсмічної активізації та сейсмічного затишшя, які чергуються з різною тривалістю. В період липня – серпня 2015 року на території Закарпаття, в Тячівському районі, відбулися серії місцевих землетрусів, які почалися 19 липня 2015 року та продовжувалися протягом ще двох місяців, кількість землетрусів сягнула за сотню підземних поштовхів. Серед землетрусів на початку цього процесу відмітили 6 поштовхів, які люди відчували, було відзначено незначні пошкодження будівель. Землетруси негативно впливають на стан населення, які відбувалися переляком. На території Закарпаття різні наукові установи проводять свої наукові дослідження, зокрема

причин та наслідків таких екологічно небезпечних процесів, результати яких важливі для вирішення цих проблем. В 60-х роках минулого століття на території Закарпаття було створено Карпатський геодинамічний полігон, який фактично охоплював всю її територію. В той період було створено стаціонарні пункти спостережень сейсмічного стану, геофізичних полів, тут проводилися безперервні геофізичні спостереження, що дозволили встановити вогнища місцевих землетрусів, періодичність їх прояву. На території Закарпатського внутрішнього прогину тривалий період починаючи з другої половини 20-ст. вивчаються зміни геофізичних полів: магнітного поля Землі, сейсмічного стану регіону, сучасних горизонтальних рухів кори, електричного поля, електромагнітної емісії, параметрів метеорологічного стану та ін. На сучасному етапі на території Закарпаття та інших регіонів України створено сітку стаціонарних пунктів спостереження, частина яких підпорядковуються Карпатській дослідно-методичній геофізичній та сейсмологічній партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону, Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. За результатами досліджень геодинамічного стану регіону, зокрема в Березівському горбогір'ї та в зоні Оашського глибинного розлому, протягом тривалого часу відзначено стиснення в близько широтному та розширення в близько меридіональному напрямку. Деформографічні спостереження на території Закарпаття проводилися на пункті деформографічних спостережень в с. Мужієве, режимній геофізичній станції в м. Берегове та смт

Королеве Березівського району Закарпатської області. На фоні розширення порід в зоні Оашського глибинного розлому відзначено зростання сейсмічної активності в регіоні. Протягом тривалого періоду з 2015 року по 2020 рік на території Закарпаття та суміжних територій не зареєстровано жодного відчутного місцевого землетрусу, хоча чутливими сейсмічними станціями на території Закарпатського внутрішнього прогину протягом року реєструються близько двох сотень слабких землетрусів. Таким чином, геодинаміка регіону є одним із визначальних чинників місцевої сейсмічності. В результаті впливу певних факторів сучасний геодинамічний стан регіону може змінюватися, що може прискорювати процеси геологічного характеру, зокрема землетрусів. Зміна фізичних характеристик верхніх шарів земної кори приводить до зміни параметрів геофізичних полів. До чинників, що впливають на сейсотектонічні процеси в регіоні, слід віднести метеорологічні та гідрогеологічні фактори, зокрема варіації величин температури атмосферного повітря. Зміна температури повітря приводить до зміни температури підстилаючої поверхні, що може вплинути на перебіг сейсотектонічних процесів в сейсмогенеруючих регіонах. Тому важливо та актуально вивчити зв'язок варіацій температури атмосфери в регіоні, де можливі місцеві землетруси. Метою дослідження є вивчення впливу зміни температури атмосферного повітря на сучасні рухи кори та сейсмічну активність в сейсмонебезпечному регіоні. Об'єктом дослідження є геодинамічний та сейсмічний стани Закарпатського внутрішнього прогину на фоні метеорологічного стану центральної його частини. Предметом дослідження є варіації температури атмосферного повітря, сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та їх зв'язок з просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності.

Матеріали та методи. Дослідженню процесів геологічного характеру та пов'язаних із ними наслідків, що можуть бути виражені через зміни різних геофізичних полів, присвячено багато наукових робіт [1–4]. Згідно

з поставленими задачами в роботі важливо мати результати попередніх наукових розробок, які стосуються вивчення екологічного стану досліджуваного регіону, зокрема Закарпатського внутрішнього прогину. В статті розглянуто варіації зміни метеорологічного стану в центральній частині Закарпаття, вивчається його вплив на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, що є однією із причин прояву місцевої сейсотектонічної діяльності. Для вирішення цих завдань використано базу даних, яка формується на основі комплексних режимних геофізичних спостережень, що проводяться на режимній геофізичній станції «Тросник» та пункті деформометричних спостережень «Королеве» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Паралельно проводиться пошук нових методів дослідження варіацій геофізичних полів та удосконалення вже застосовуваних методик обробки та аналізу рядів спостережуваних даних. Тому важливо використати вже набутий досвід дослідників в галузі геофізики, екології, геодинаміки та інших природничих дисциплін [5–7]. Проведено огляд наукових публікацій, де розглянуто результати дослідження в регіоні або використання нових методів дослідження навколишнього середовища. Значення теплового потоку в Паннонському басейні є аномальними відносно стабільних тектонічних структур, що дозволяє передбачати тісний взаємозв'язок неоген-четвертинного вулканізму з джерелом геотермічної активізації, а продукти магматизму виносять велику кількість тепла, проте лавові потоки або окремі інтрузії у верхніх горизонтах земної кори охолоджуються відносно швидко і не можуть забезпечити настільки високих потоків тепла протягом тривалого періоду, але можливо за рахунок глибинних джерел і підняття мантійної нагрітої речовини [8]. Землетрус, який стався біля міста Суми 3 лютого 2015 року, відбувся під впливом декількох напружених режимів, пов'язаних на регіональному рівні з перенесенням напруг із зони Вранча вздовж

мантійного лінеамента Соллогуба та через зміну локального поля напруги, яке створюється різними за товщиною земної кори блоками під впливом підкорових теплових аномалій і аномалій щільності [9]. В [10] показано, що магнітні методи можуть розглядатися ефективними при комплексуванні з іншими геофізичними, геоінформаційними, геологічними та ґрунтознавчими дослідженнями; відзначено, що перевагою магнітних методів є простота їх реалізації, дешевизна, експресність та ефективність. У [11] викладено головні підходи та принципи розробки і формування структури бази даних зсувних процесів на території України, а також підтверджено, що вона характеризується активним розвитком різногенетичних гравітаційних процесів у межах різних структурно-тектонічних і ландшафтно-кліматичних зон, а це вимагає єдиного підходу до створення системи їхнього обліку, інвентаризації та моніторингу з наступним прогнозуванням та оцінкою впливу на техногенні об'єкти різного призначення. Біогеохімічна індикація є хорошим методом оцінки і моніторингу атмосферного забруднення великих і різноманітних за природними і техногенними умовами територій, запропоновано геостатистичний комплекс картографування атмогеохімічного поля, який показав свою ефективність у розділенні територій за типом забруднення [12]. В [13] показано результати використання відновлюваної низькопотенційної енергії ґрунту для роботи геотермальних теплонасосних систем широко застосовується в екологічно безпечних та економічно ефективних енергетичних системах. Отримані в [14] результати дають змогу обґрунтувати математичну модель та виконати прогнозне моделювання для техногенно порушених територій із застосуванням методу математичного моделювання, що дозволяє уникнути зайвої грубої схематизації природних гідрогеологічних умов, врахувати складність і розмаїтість граничних умов ґрунтового потоку та отримати більш реальну оцінку впливу інженерних заходів на гідрогеологічні умови території. Розроблена методика дослідження та врахування

метеотемпературних впливів на геофізичні (деформографічні) дані дає можливість ефективно враховувати (редувати на порядок і більше) метеотермопружні деформації, виділяти з деформографічних даних малоамплітудні (на рівні у кілька разів менше амплітуд сезонних термопружних деформацій) деформаційні аномалії – провісники місцевих землетрусів [15]. Проведена інтерпретація ролі гравітаційно-ротаційних сил у формуванні глобального поля деформацій і напружень як наслідок трансформації фігури поверхні літосфери Землі, отримано характеристики напружено-деформаційного стану літосфери Землі за даними моделювання геопалеорекострукцій в геологічному часі, які спрямовані на вивчення планетарних характеристик нашої планети, динаміки їх змін в часі та глобального напружено-деформованого стану [16]. В [17] дано кількісну оцінку розрахункової інтенсивності сейсмічних струшувань (в балах шкали MSK-64) з урахуванням ефектів, пов'язаних з локальними тектонічними та інженерно-геологічними умовами досліджуваного майданчика та виявлено потенційні сейсмоактивні зони, де можуть проявлятися місцеві землетруси. Результати отримані в [18] дають можливість уточнити геолого-структурні особливості будови земної кори Закарпаття, інтерпретувати просторовий розподіл геофізичних полів, розшифровувати особливості місцевої геодинаміки і сейсмотектонічного процесу, уточнювати рівень та характер геоекологічних небезпек, прогнозувати та досліджувати глибинно-просторовий розподіл корисних копалин. Виявлено поле напруження із субмеридіональною віссю стиснення та субширотною віссю розтягу, на яке вплинула активізація субмеридіонального Оашського розлому та проникнення вулканітів Вигорлат-Гутинського пасма при цьому виділено дві стадії розвитку Карпатського орогена – ранньо- і пізньоорогенну, відмічено, що зберігається загальна обстановка тангенціального стиснення в Карпатах [19]. Для оцінювання реакції неоднорідного ґрунту на зсувне навантаження запропоновано використовувати просторово нелокальні

математичні моделі, що дають змогу уніфікувати порівняння результатів, отриманих за допомогою різних моделей, оцінити кількість та положення основних резонансних частот, які є перспективними для використання в інженерній сейсмології, удосконаленні числових методів аналізу реакції ґрунтів на сейсмічні впливи [20]. Дослідження кліматичних змін на території України та результати отримані на їх основі свідчать про те, що характерними рисами майбутнього клімату може стати збільшення кількості днів з опадами на досліджуваній території в перехідні сезони, особливо на півночі та заході, суттєве зменшення морозних днів, зокрема в центральній та південній частині нашої [21]. Результати вивчення клімату та метеорологічного стану важливі в плані вивчення геодинаміки регіону. На території Закарпатського внутрішнього прогину тривалий час досліджуються варіації параметрів різноманітних геофізичних полів, метеорологічного та гідрогеологічного станів. Розглянуто метеорологічний аспект сеймотектонічного стану Закарпатського внутрішнього прогину [22; 23]. Досліджено вплив геофізичних чинників на протікання сеймотектонічних процесів в Закарпатті [24]. Вивчено гідрогеологічний аспект геодинаміки регіону [25; 26; 27].

Для досягнення поставленої мети в роботі використано результати спостережень параметрів метеорологічного стану, зокрема температури атмосферного повітря, сейсмічного стану регіону на режимній геофізичній станції «Тросник» та сучасних горизонтальних рухів кори на пункті деформометричних спостережень Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за 2021 рік. Методика обробки результатів безперервних спостережень полягає в дослідженні взаємозв'язку саме динамічних характеристик досліджуваних геофізичних полів та їх вплив на формування сейсмічного клімату регіону. Температуру атмосферного повітря вимірюють за допомогою типової метеорологічної станції, цифрової метеорологічної станції

«Конрад», сейсмічну інформацію отримано за допомогою цифрового сейсмометра «DAS-05», які змонтовані на всіх геофізичних, сейсмічних станціях регіону; сучасні горизонтальні рухи кори спостерігали за допомогою кварцового горизонтального деформометра базою 24.5 м та азимутом $A=80^\circ$, який встановлений в штольні пункту деформометричних спостережень «Королеве» в смт Королеве Берегівського району Закарпатської області.

Результати. Розглянуто варіації параметрів метеорологічного стану середовища на території Закарпатського внутрішнього прогину за 2021 рік, зокрема зміни температури атмосферного повітря, виміряні в центральній частині Закарпаття на режимній геофізичній станції «Тросник». Проведено порівняння просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та сучасних горизонтальних рухів кори, виміряних на пункті деформометричних спостережень «Королеве» в місячних діапазонах та добових спостереженнях, представлено висновки щодо перспектив подібних досліджень в інших регіонах Закарпатського внутрішнього прогину та вкладу метеорологічних параметрів в комплекс впливу на геологічну ситуацію в сейсмонебезпечних регіонах. Алгоритм проведення дослідження, аналізу та інтерпретації результатів спостереження включає розрахунки кінематичних характеристик виміряних параметрів досліджуваних геофізичних полів-швидкостей та прискорень сучасних рухів кори та динаміку змін величин метеорологічного та сейсмічного стану регіону.

Січень 2021 року. Середня температура повітря на режимній геофізичній станції «Тросник» становить $+0.34^\circ\text{C}$. Представлено криву розподілу температури повітря за січень 2021 року (рисунок 1).

Відмічено періодичність зміни температури повітря за січень 2021 року тривалістю в 1 добу, 6-7 діб. Розглянуто зв'язок температури повітря з сучасними рухами кори, сейсмічністю регіону в добовому режимі (рисунок 2).

Температура атмосферного повітря корелюється із рухами кори в регіоні: коефіцієнт

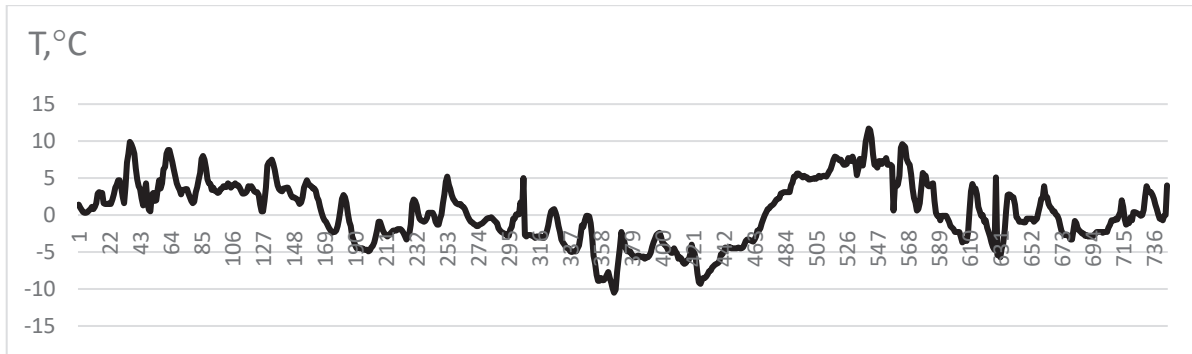


Рис. 1. Варіації температури атмосферного повітря на РГС «Тросник» в січні 2021 року, щогодинні спостереження

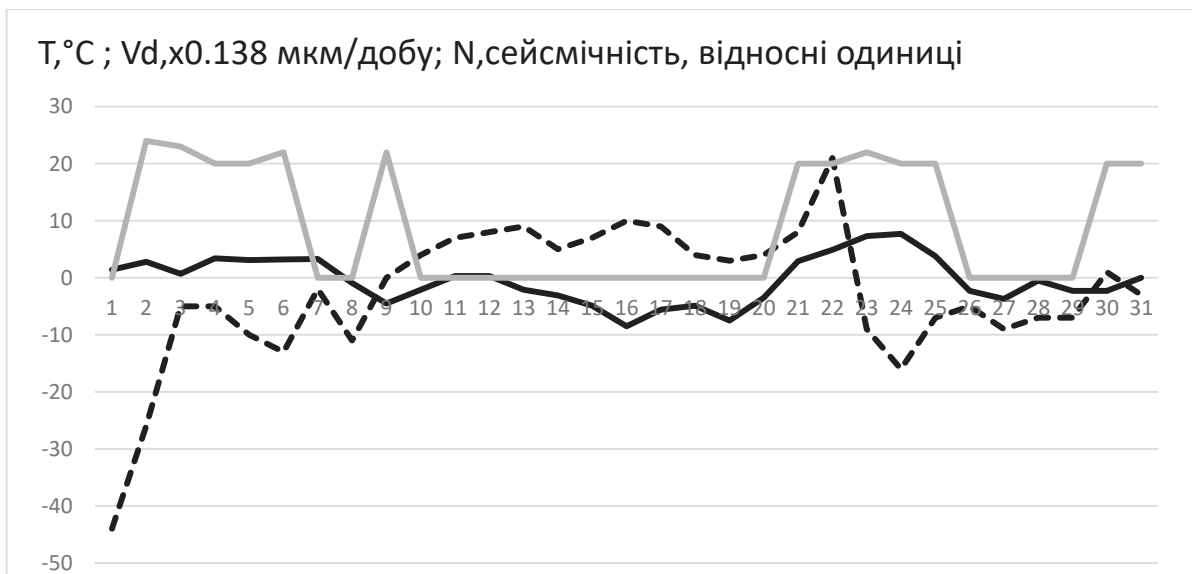


Рис. 2. Комплексний графік геофізичних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за січень 2021 року: сейсмічність регіону (крива сірого кольору), варіації температури атмосферного повітря (суцільна крива), швидкість сучасних рухів кори (пунктирна крива)

кореляції становить – 0.4. Стиснення порід супроводжується зниженням температури атмосферного повітря. Сейсмічність та температура повітря також зв'язані: землетруси реєструються при стисненні порід та пониженні температури повітря. Таким чином, аномальні величини геофізичних параметрів групуються в певні інтервали часу на початку та в кінці місяця, що показує на взаємозв'язок всіх геофізичних станів регіону.

Лютий 2021 рік. В лютому 2021 року на РГС «Тросник» зареєстровано середньомісячну температуру повітря величиною: -1.77°C (рисунок 3).

Відмічено коливання температури з періодами 1 добу та 25 діб, характерно зростання

амплітуди коливання температури повітря в діапазоні -10°C до $+17^{\circ}\text{C}$. Розглянуто просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіації температури повітря, динаміку сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому на предмет вивчення взаємозв'язків геофізичних полів (рисунок 4).

Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2021 року представлені розширеннями порід величиною $+11$ мкм. За лютий 2021 року відбулося 17 місцевих землетрусів. Зв'язок температури повітря та сучасних горизонтальних рухів кори в лютому 2021 року: підвищення температури повітря супроводжується

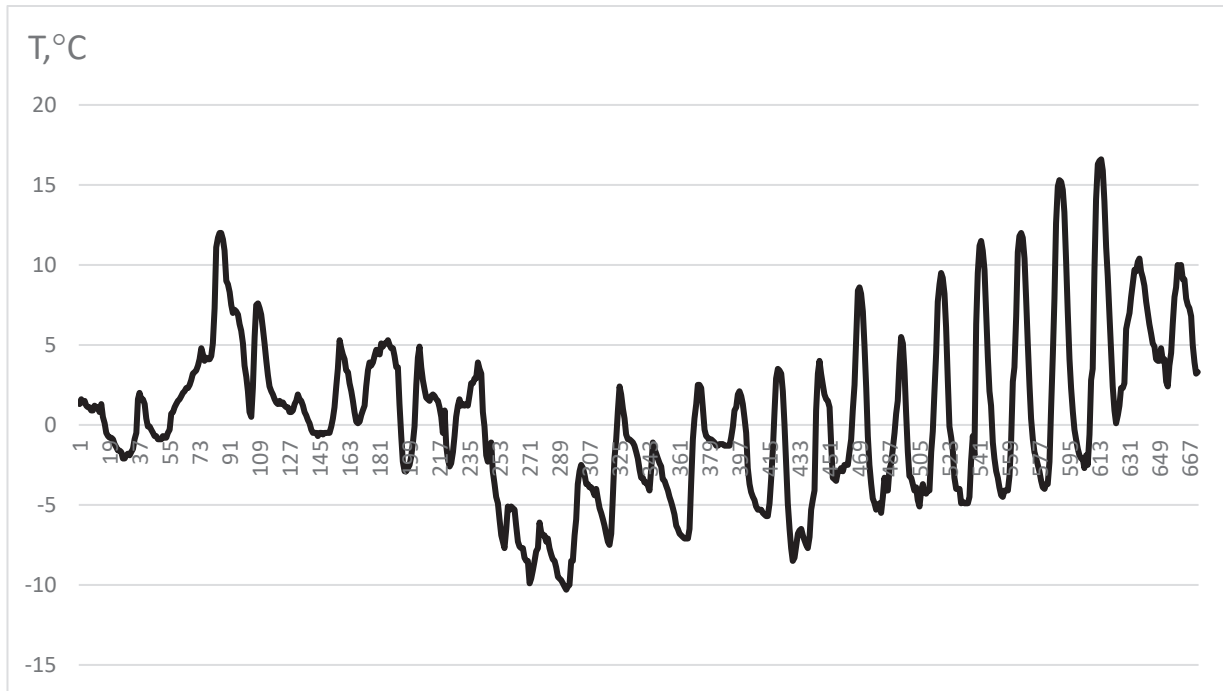


Рис. 3. Температура повітря на РГС «Тросник» в лютому 2021 року



Рис. 4. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (крива сірого кольору), варіації температури повітря (крива чорного кольору), швидкість рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (пунктирна крива чорного кольору) в лютому 2021 року

розширенням порід. Землетруси відбулися в періоди стиснення порід та зниження температури повітря. Таким чином, збурення геофізичних полів відбувається в періоди інтенсивних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому.

Березень 2021 року. На рисунку 5 показано зміни температури повітря на РГС «Тросник» за березень 2021 року, розраховано середньомісячну температуру повітря, яка становить: $+0.8^{\circ}\text{C}$. Із графіка видно тижневі пульсації температури повітря в діапазоні: -6°C до

+17°C. Порівнявши сучасні рухи кори та варіації температури повітря відмічено висновки (рисунок 5).

Представлено варіації температури повітря, швидкості рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності з метою вивчити їх взаємозв'язки. За березень 2021 року сучасні рухи кори в зоні Оашського розлому представлені розширеннями порід

величиною: +5.5 мкм. Згідно з просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності в березні в Закарпатському внутрішньому прогині зареєстровано 14 місцевих землетрусів (рисунок 6).

Сучасні горизонтальні рухи кори та варіації температури повітря: відмічена кореляція рядів спостереження -підвищення температури повітря супроводжується розширеннями порід. Також відзначено, що

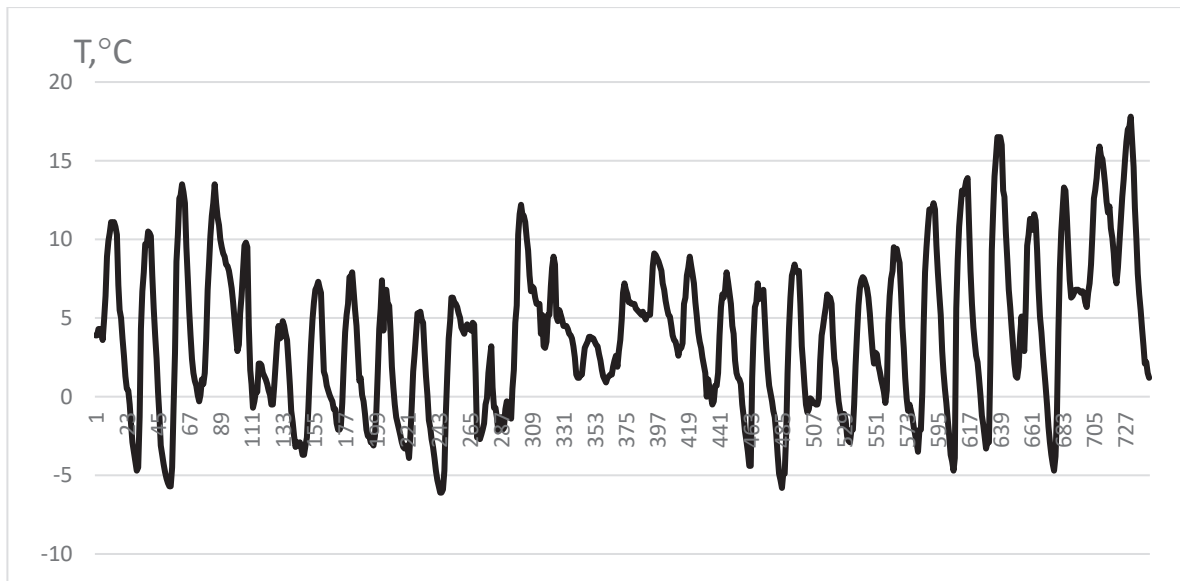


Рис. 5. Варіації температури повітря на РГС «Тросник» в березні 2021 року

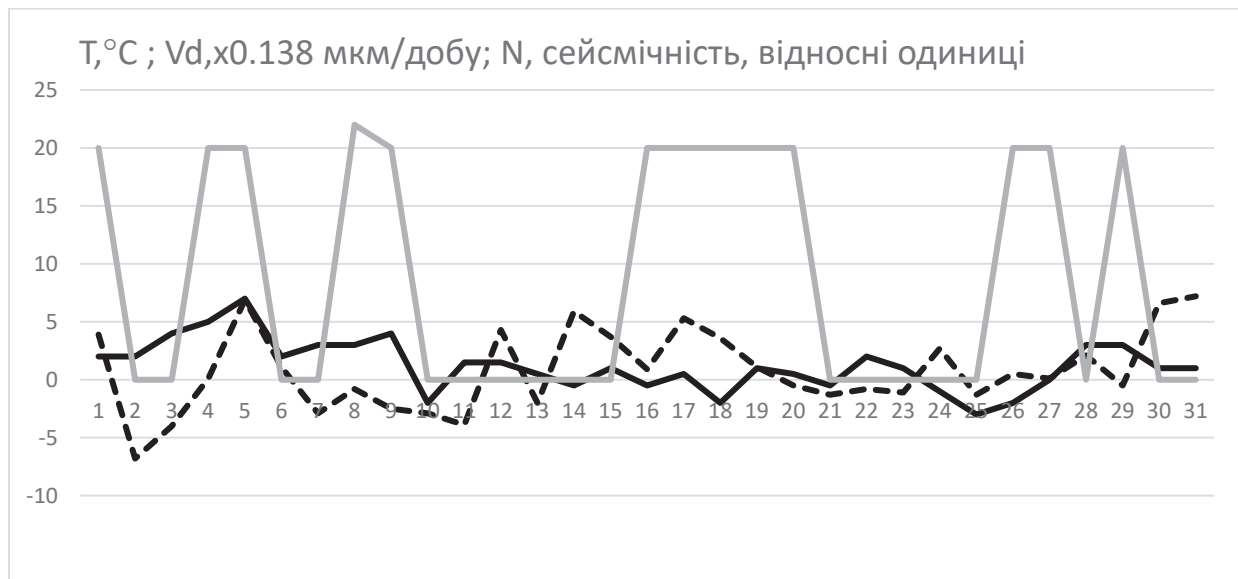


Рисунок 6. Комплексний аналіз геофізичних полів: варіації температури (крива чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору), швидкість рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (пунктирна крива чорного кольору) в березні 2021 року

більшість землетрусів відбуваються при стисненні порід в зоні Оашського глибинного розлому. Аналіз варіацій температури повітря та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності відмітив реєстрацію місцевих землетрусів протягом всього періоду спостереження.

Таким чином, сейсмічність підвищена в періоди в яких відзначено інтенсивні рухи кори та зміни температури.

Квітень 2021 року. В квітні 2021 року середньомісячна температура повітря на РГС «Тросник» становить $+3.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 7). Температура повітря змінюється від $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура повітря змінюється в діапазоні від однієї доби до 12 діб. В квітні 2021 року на території Закарпатського внутрішнього прогину відзначено 27 місцевих землетрусів, сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за квітень 2021 року – це стиснення кори величиною: -1.1 мкм (рисунок 8).

Варіації температури повітря та сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому: відзначено кореляцію величиною: -0.024 , проте видно, що температура повітря протягом доби змінює знаки та

супроводжується відповідно змінами знаку рухів кори згідно залежностей розмірів тіл від зміни температури повітря. Варіації температури повітря та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності: коефіцієнт кореляції становить: $+0.5$. Зниження температури повітря приводить до стиснення порід та розрядки напружено-деформованого стану порід.

Проаналізовано варіації температури повітря за весь 2021 рік (рисунок 9).

Максимум температури припадає на середину року, початок та кінець року характерний коливанням температури та відповідною частотою. Розглянуто швидкість зміни сучасних горизонтальних рухів кори за 2021 рік (рисунок 9). За 2021 рік сучасні рухи кори в горизонтальному напрямі в зоні Оашського глибинного розлому представлені розширеннями кори величиною: $+3\text{ мкм}$, деформації становлять $+12.61 \times 10^{-7}$, $+1261\text{ нстр}$. Швидкість сучасних рухів кори за 2021 рік становить 0.7 мкм/добу , $+256\text{ мкм}$. Протягом досліджуваного періоду місцева сейсмічність в основному рівномірно розподілена в часовому інтервалі. Виділяються інтервали часу тривалістю до 10 діб, коли настає

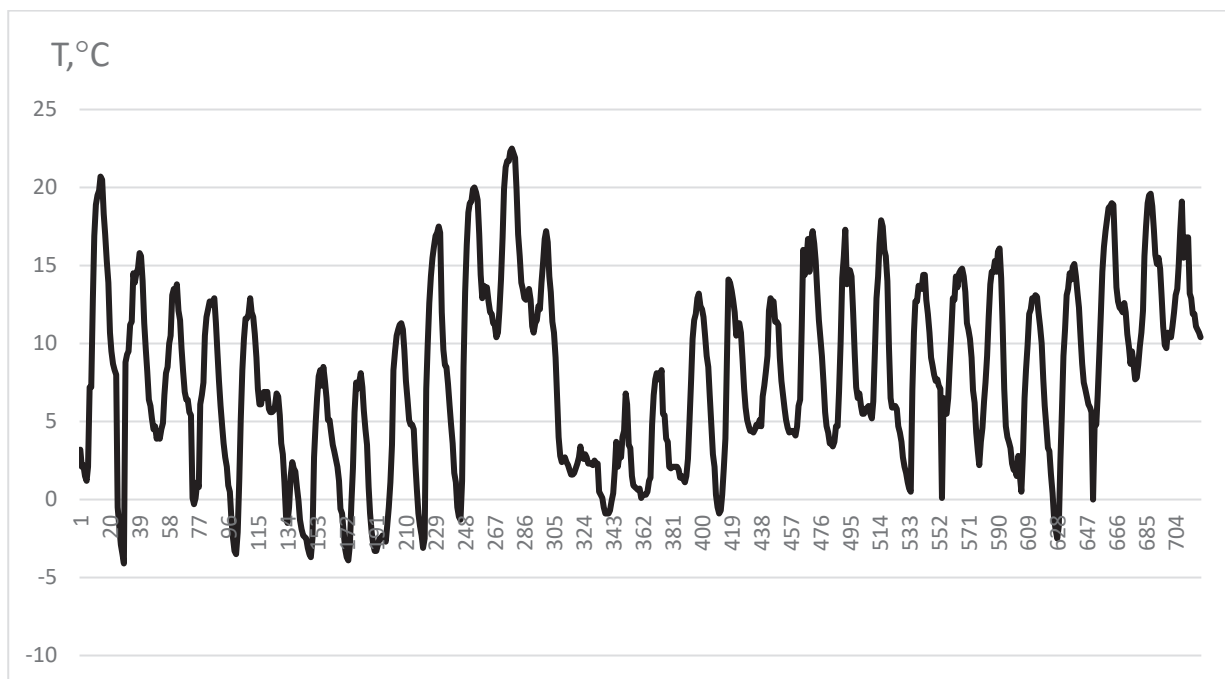


Рис. 7. Варіації температури повітря на РГС «Тросник» у квітні 2021 році



Рис. 8. Варіація температури повітря T (крива чорного кольору), швидкість зміни сучасних горизонтальних рухів кори (пунктирна крива чорного кольору), просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (крива сірого кольору) в квітні 2021 року

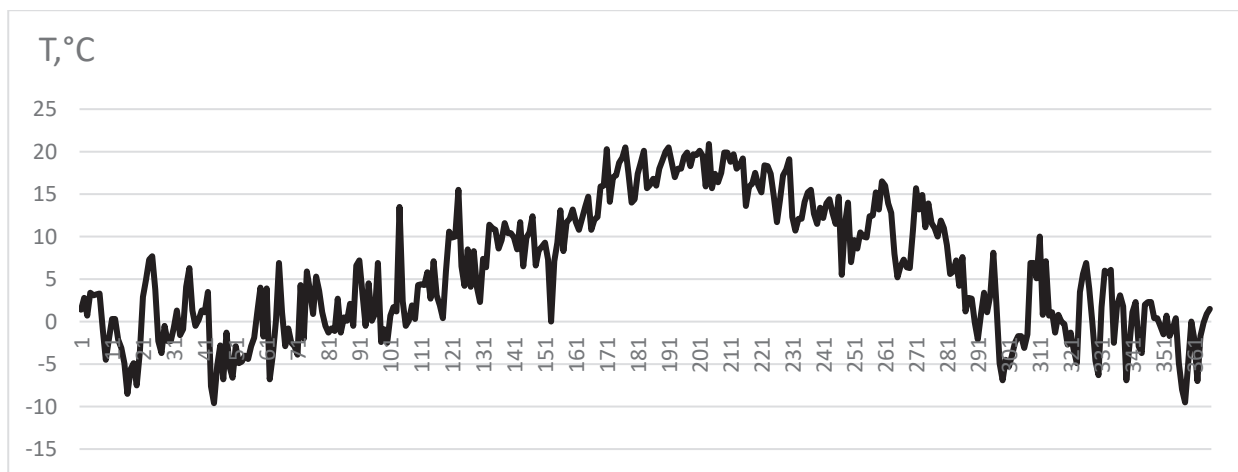


Рис. 9. Варіації температури повітря на РГС «Тросник» у 2021 році

сейсмічне затишшя. За період з січня по серпень 2021 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 117 місцевих землетрусів, така частота місцевих землетрусів характерна для даного регіону за останні періоди дослідження. Проте на відміну від останніх п'яти років, почали реєструвати відчутні місцеві землетруси, що свідчить про активність сеймотектонічних процесів в регіоні.

Висновки. Закарпаття – сейсмогенеруючий регіон, характерний проявом періодичної сейсмічності. На території Закарпатського внутрішнього прогину щороку реєструються

місцеві землетруси: від 2 до 6 відчутних місцевих землетрусів на фоні десятків слабеньких мікроземлетрусів. Виділяються періоди сейсмічної активізації та сейсмічного затишшя як протягом року, так і в більших часових інтервалах. Відмічено період сейсмічної активності регіону протягом 2006–2015 рр., який завершився в липні-серпні 2015 року, коли були зареєстровані серії місцевих підземних поштовхів, серед яких виділялися сильніші за енергетичним класом та магнітудою відчутні населенням місцеві землетруси [28–32]. Протягом двох місяців інтенсивної сейсмічності сейсмічними станціями Відділу сейсмічності

Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України записано декілька сотень місцевих землетрусів різної інтенсивності. Проаналізовано результати деформометричних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за 2021 рік за допомогою горизонтального кварцового деформометра базою 24, 5 м та орієнтованого на схід-захід. В 2021 році відзначено розширення порід величиною +1261 нстр, що підтвердило загальне розширення верхніх шарів земної кори протягом досліджуваного періоду. Проведено аналіз варіацій величини температури атмосферного повітря, розраховано середньорічну температуру повітря, виміряну в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину, яка становить +8.21 °С. Отримані результати температури повітря за останні роки в досліджуваному регіоні вказують на коливання середньорічної температури повітря біля значення :+10 С°. Для визначення впливу факторів метеорологічного стану регіону на сейсмотектонічні процеси

в Закарпатті було застосовано розрахунок динамічних характеристик спостережуваних величин та порівняно із просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності. Визначено ступінь кореляції варіацій рядів спостережуваних величин-температури повітря та сучасних рухів кори. Виявлено інтервали зниження температури повітря, яке приводить до стиснення порід та розрядки напружено-деформованого стану порід. Таким чином, аналіз результатів дослідження вказав на наявність зв'язку метеорологічного стану регіону із параметрами геодинаміки сейсмонезбезпечної території. Важливо продовження вивчення впливу метеорологічних чинників на рухи кори та, як наслідок, на екологічно небезпечні геологічні процеси як в інших часових інтервалах, так і в інших частинах Закарпатського внутрішнього прогину. Результати важливі для вирішення можливих екологічних проблем сейсмотектонічного характеру, для поповнення баз геофізичних даних та як дидактичний матеріал при вивченні географії регіону.

Література

1. Криль С.Я., Бубняк І., Віхоть Ю.М., Ціхонь С.І. Еволюція полів палеонапружень і формування кальцитових жил у південно-східній частині Українських Карпат у кайнозойській час. *Геодинаміка*. 2016. № 1(20). С. 106–118.
2. Андрій Гнип. Теоретичні й експериментальні частотні характеристики приповерхневих шарів під сейсмічними станціями «Тросник», «Ужгород» і «Міжгір'я». *Геодинаміка*. 2016. № 1(20). С. 144–154.
3. Гнилко О.М. Структури латерального витискання в Карпатах. *Геодинаміка*. 2017. № 1(22). С. 16–25.
4. Шлапінський В.Є., Жабіна Н.М., Мачальський Д.В. Уточнення геологічної будови Пенінського покриву Українських Карпат. *Геодинаміка*. 2017. № 1(22). С. 55–73.
5. Стародуб Ю.П., Купльовський Б.Є., Брич Т.Б. Моделювання напружено-деформованого стану основ інженерних конструкцій для оцінки сейсмічного впливу. *Геодинаміка*. 2016. 1(20). С. 162–169.
6. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є., Шлапінський В.Є. Сейсмічність, геологія, сейсмотектоніка і геодинаміка району Теребле-Ріцької ГЕС (Українське Закарпаття). *Геодинаміка*. 2016. 1(20). С. 162–169.
7. Савків Л.Г., Ладанівський Б.Т. Сучасні підходи в організації геофізичних досліджень з використанням ІТ-технологій. *Геофізичний журнал*. 2018. 40(1). С. 107–117. URL: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i1.2018.124020>.
8. Кутас Р., Майцин Д. Геотермические условия зон неовулканизма Закарпатского прогиба. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2014. № 3/66. С. 39–44.
9. О. Chalyi, M. Diaconescu, I. Gurova, Y. The cause of high intensity of seismicity in Ukraine. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2018. № 4(83). С. 38–45.
10. Меньшов О. Інформативність магнітних методів при моніторингу природно-техногенних процесів, які пов'язані з об'єктами критичної інфраструктури. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019. № 1(84). С. 27–33.
11. Іванік О., Шевчук В., Кравченко Д. Національна база даних зсувних процесів: принципи розробки, упровадження та застосування для оцінки зсувної небезпеки регіонального і локального рівня. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019. № 3(86). С. 70–74.
12. Тютюнник Ю., Шабатура О., Блюм О. Геостатистичний аналіз атмогеохімічного поля в приземному шарі атмосфери північної України (за даними бріогеохімічної індикації). *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019. № 3(86). С. 80–89.

13. Гошовський С., Зур'ян О. Екологічно безпечне використання гідроенергетичного потенціалу гідротермальними енергетичними системи. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019. № 4(86). С. 67–75.
14. Кошляков О., Диняк О., Чомко Д. Врахування закономірностей формування, розподілу та впливу підземних вод з метою обґрунтування прогнозу гідрогеологічної моделі на ділянках ущільненої міської забудови. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2019. № 4(86). С. 96–99.
15. Назаревич А. До проблеми підвищення глибинності, чутливості і точності моніторингових та нафтогазопошукових свердловинних геотермічних досліджень. *Геодинаміка*. 2018. № 1(24). С. 60–79.
16. Церклевич А.Л., Шило О.М., Шило Є.О. Зміни фігури Землі- геодинамічний фактор напружено-деформованого стану літосфери. *Геодинаміка*. 2019. № 1(26). С. 28–42.
17. Купльовський Б., Бубняк І., Волошин П. Вплив локальних тектонічних та інженерно-геологічних умов на сейсмічну небезпеку територій (на прикладі майданчика забудови в м. Ужгород). *Геодинаміка*. 2019. № 1(28). С. 29–37.
18. Корчин В.А., Русаков О.М., Буртний П.О. Походження зон низької густини в кристалічній корі Закарпатського прогину (Україна) за даними петрофізичного термобаричного моделювання. *Геодинаміка*. 2020. 1(28). С. 81–93.
19. Муровська А.В., Амашукелі Т.А., Альохін В. Поля напружень і деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофізичний журнал*. 2019. 41(2). С. 84–98. URL: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.16445>.
20. Кендзера О.В., Микуляк С.В., Семенова Ю.В. Моделювання сейсмічної реакції прошарку ґрунту в рамках нелокальної моделі суцільного середовища. *Геофізичний журнал*. 2020. № 42(3). С. 47–58. URL: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i3.2020.204700>.
21. Хохлов В.М., Боровська Г.О., Замфірова В.С. Кліматичні зміни та їх вплив на режим температури повітря і опадів в Україні у перехідні сезони. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. (26). С. 60–67. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020.05>.
22. Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Метеорологічний аспект сейсмотектонічного стану Закарпатського внутрішнього прогину в 2016 році. *Magyar Tudomány Journal (Budapest, Hungary).EMKE Bulding, Budapest*. 2017. С. 9–16. ISSN 1748-7110.
23. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б. Метеорологічні аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. *Науковий вісник Херсонського Державного Університету. Серія «Географічні науки»*. 2019. № 10. С. 137–145. ISSN 2413-7391 (PRINT) ISSN 2663-2780 (ONLINE) DOI 10.32999/KSU2413-7391.
24. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Іжак Т.Й. Геофізичні аспекти екологічного стану в Закарпатському внутрішньому прогині за 2020 рік. *Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 4(37). 200 с. С. 114–120. ISSN: 2306-9716 (Print) ISSN: 2664-6110 (Online) УДК 550.34*.
25. Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Зв'язок гідрогеологічного та геодинамічного станів Закарпатського внутрішнього прогину. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки»*. 2017, випуск 7. С. 127–135. ISSN 241-73-91.
26. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Іжак Т.Й. Гідрогеологічний аспект екологічного стану Закарпаття за 2020 рік. *Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). 224 с. С. 42–49*.
27. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Іжак Т.Й. Гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. 98(3). С. 42–48.
28. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й. Дослідження зв'язку варіацій аеродинамічних параметрів та сейсмотектонічних процесів на геологічних структурах. *Науковий вісник Херсонського Державного Університету, серія «Географічні науки»*. 2018. № 8. С. 177–184. ISSN 2413-7391.
29. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В. Зв'язок електромагнітної емісії низькочастотного діапазону з геодинамічним та сейсмічним станами Закарпаття в 2017 році. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки»*. 2018. № 9. С. 115–122. ISSN 2413-7391.
30. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В. Дослідження зв'язку варіацій параметрів магнітного поля та сейсмотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині за 2019 рік. *Сучасний педагог : колект. наук. монографія. Дніпро : Акцент ПП, 2020. Т. 2. 242 с. С. 143–153. ISBN 978-966-921-250 -4*.
31. Ігнатишин В.В. Варіації параметрів магнітного поля Землі та сейсмотектонічний стан Закарпатського внутрішнього прогину. *Збірник навчально-методичних матеріалів із фізики та астрономії / колектив авторів ; відп. за вип. О.В. Лісовий, С.О. Лихота ; упоряд. С.Г. Кравець*. 2019. 316 с. С. 197–218.

32. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Вербицький С.Т. 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. 2021. 403 с. С. 130–133.

References

1. S.Ia. Kril, Ihor Bubniak, Yu.M. Vikhot, S.I. Tsikhon (2016). Evoliutsiia poliv paleonapruzhen i formuvannia kaltsytovykh zhyly u pviddenno-skhidnii chastyni Ukrainykykh Karpat u kainozoiskyi chas [The evolution of paleostress fields and the formation of calcite veins in the southeastern part of the Ukrainian Carpathians during the Cenozoic]. *Heodynamika*. № 1 (20). P. 106-118. [in Ukrainian]
2. Andrii Hnyp (2016). Teoretychni y eksperymentalni chastotnikharakterystyky pryverkhnevnykh shariv pid seismichnymy stantsiiamy, „Trosnyk”, „Uzhhorod” i „Mizhhir’ia” [Theoretical and experimental frequency characteristics of near-surface layers under seismic stations "Trosnyk", "Uzhhorod" and "Mizhgir’ya"]. *Heodynamika*. № 1(20). P. 144-154. [in Ukrainian]
3. Hnylko O.M. (2017). Struktury lateralnoho vytyskannia v Karpatakh [Structures of lateral extrusion in the Carpathians]. *Heodynamika*. № 1 (22). P. 16-25 [in Ukrainian]
4. V.Ie. Shlapynskiyi, N.M. Zhabina, D.V. Machalskyi, M.M. Tarnavskiyi (2017). Utochnennia heolohichnoi budovy Peninskoho pokryvu Ukrainykykh Karpat [Clarification of the geological structure of the Penina cover of the Ukrainian Carpathians]. *Heodynamika*. № 1 (22). P. 55-73 [in Ukrainian]
5. Yu. P. Starodub, B.Ie. Kuplovskiyi, T.B. Brych., V.I. Prokopysyn, O.P. Oleshchuk, Ye.I. Oleshchuk (2016). Modeliuvannia napruzhenno-deformovanoho stanu osnov inzhenernykh konstrukttsii dlia otsinky seismichnogo vplyvu. *Heodynamika* [Modeling of the stress-strain state of foundations of engineering structures for the assessment of seismic impact]. 1(20). P. 162-169 [in Ukrainian]
6. A. V. Nazarevych, L. Ye. Nazarevych, V. Ye. Shlapynskiyi (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). P. 162-169 [in Ukrainian]
7. L.H. Savkiv, B.T. Ladanivskiyi (2018). Suchasni pidkhody v orhanizatsii heofizychnykh doslidzhen z vykorystanniam IT-tekhnologii [Modern approaches in the organization of geophysical research using IT technologies]. *Heofizychnyi zhurnal*. 40(1). P. 107–117 [in Ukrainian]
8. Kutas R., Maitsyn D. (2014). Heotermicheskye uslovia zon neovulkanyzma Zakarpatskoho prohyba [Geothermal conditions of neovolcanism zones of the Transcarpathian depression]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3/66. P. 39-44 [in Ukrainian]
9. O. Chalyi, M. Diaconescu, I. Gurova, Y. Lisovyi, P. Pigylevsky, S. Shcherbina A. Shevtsov, Shumlianska (2018). The cause of high intensity of seismicity in Ukraine. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 4 (83). P. 38-45
10. O. Menshov (2019). Informatyvnykh mahnitnykh metodiv pry monitorynhu pryrodno-tekhnohennykh protsesiv, yaki poviazani z obiektyamy krytychnoi infrastruktury [Informativeness of magnetic methods in monitoring natural and man-made processes associated with critical infrastructure objects]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 1 (84). P. 27-33 [in Ukrainian].
11. O. Ivanik, V. Shevchuk, D. Kravchenko, K. Hadiatska (2019). Natsionalna baza danykh zsvnykh protsesiv: pryntsyipy rozrobky, uprovdzhennia ta zastosuvannia dlia otsinky zsvnoi nebezpeky rehionalnoho i lokalnoho rivnia [National database of landslide processes: principles of development, implementation and application for the assessment of landslide hazards at the regional and local level]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3 (86). P. 70-74. [in Ukrainian]
12. Yu. Tiutiunyk O. Shabatura, O. Blium, Dzh. Daunis-i-Estadelia (2019). Heostatystychnyi analiz atmoheokhimichnogo polia v pryzemnomu shari atmosfery pivnichnoi Ukrainy (za danymy brioheokhimichnoi indykatsii) [Geostatistical analysis of the atmogeochemical field in the surface layer of the atmosphere of northern Ukraine (according to the data of bryogeochemical indication)]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 3(86). P. 80-89. [in Ukrainian]
13. S.Hoshovskiyi, O. Zurian (2019). Ekolohichno bezpechne vykorystannia hidroenerhetychnoho potentsialu hidrotermalnymy enerhetychnymy systemy [Environmentally safe use of hydropower potential by hydrothermal energy systems]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 4 (86). P. 67-75 [in Ukrainian]
14. O. Koshliakov, O. Dyniak, D. Chomko, I. Koshliakova (2019). Vrakhuvanniaia zakonornostei formuvannia, rozpodilu ta vplyvu pidzemnykh vod z metoiu obhruntuvannia prohnoznoi hidroheolohichnoi modeli na diliankakh ushchilnenoi miskoi zabudovy. [Taking into account the regularities of the formation, distribution and influence of groundwater in order to justify the predictive hydrogeological model in areas

of compacted urban development]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*. № 4(86). P.96-99 [in Ukrainian]

15. A. Nazarevych (2018) Do problemy pidvyshchennia hlybynnosti, chutlyvosti i tochnosti monitorynhovykh ta naftohazoposhukovykh sverdlolvnykh heotermichnykh doslidzhen [To the problem of increasing the depth, sensitivity and accuracy of monitoring and oil and gas prospecting well geothermal studies]. *Heodynamika*. № 1(24). P.60-79 [in Ukrainian]

16. A. L. Tserklevych, O. M. Shylo, Ye. O. Shylo (2019). Zminy fihury Zemli- heodynamichniy faktor napruzhenno-deformovanoho stanu litosfery. [Changes in the shape of the Earth are a geodynamic factor of the stress-deformed state of the lithosphere.] *Heodynamika*. № 1(26). P. 28-42 [in Ukrainian]

17. A. L. Tserklevych, O. M. Shylo, Ye. O. Shylo (2019). Zminy fihury Zemli- heodynamichniy faktor napruzhenno-deformovanoho stanu litosfery. [Changes in the shape of the Earth are a geodynamic factor of the stress-deformed state of the lithosphere]. *Heodynamika*. № 1(26). P. 28-42 [in Ukrainian]

18. V.A. Korchyn, O.M. Rusakov, P.O. Burtnyi, E.E. Karnaukhova (2020). Pokhodzhennia zon nyzkoi hustyny v krystalichnii kori Zakarpatskoho prohynu (Ukraina) za danymy petrofizychnoho termobarychnoho modeliuvannia. [The origin of low-density zones in the crystalline crust of the Transcarpathian Trough (Ukraine) according to the data of petrophysical thermobaric modeling]. *Heodynamika*. 1(28). P. 81-93 [in Ukrainian]

19. Murovska A.V., Amashukeli T.A., Alokhin V. (2019). Polia napruzhen i deformatsiini rezhymy v mezhakh ukrainskoi chastynty Skhidnykh Karpat za tektonofizychnymy danymy [Stress fields and deformation regimes within the Ukrainian part of the Eastern Carpathians according to tectonophysical data]. *Heofizychnyi zhurnal*, 41(2), P. 84–98 [in Ukrainian]

20. Kendzera O.V., Mykuliak S.V., Semenova Yu.V., Skurativskiy S.I. (2020). Modeliuvannia seismichnoi reaktsii prosharku gruntu v ramkakh nelokalnoi modeli sutsilnoho seredovyshcha [Modeling of the seismic response of the soil layer within the framework of a non-local continuous medium model]. *Heofizychnyi zhurnal*, 42(3), P. 47–58 [in Ukrainian]

21. Khokhlov V.M., Borovska H.O., Zamfirova V.S. (2020). Klimatychni zminy ta yikh vplyv na rezhym temperatury povitria i opadiv v Ukraini u perekhidni sezony [Climatic changes and their influence on the regime of air temperature and precipitation in Ukraine in transitional seasons]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, (26), P. 60-67 [in Ukrainian]

22. Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. (2017). Meteorologichniy aspekt seismotektonichnoho stanu Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu v 2016 rotsi [The meteorological aspect of the seismotectonic state of the Transcarpathian internal depression in 2016]. *Magyar Tudomanyos Journal (Budapest, Hungary)*. EMKE Building, Budapest. P. 9-16. [in Ukrainian]

23. Ihnatyshyn V.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. (2019). Meteorologichni aspekty heodynamichnoho stanu Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu [Meteorological aspects of the geodynamic state of the Transcarpathian internal depression]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho Derzhavnogo Universytetu. Serii, „Heografichni nauky”* № 10. P. 137-145. DOI 10.32999/KSU2413-7391 [in Ukrainian]

24. Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn A.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn M.B., Verbytskyi S.T. (2021). Heofizychni aspekty ekolohichnoho stanu v Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni za 2020 rik [Geophysical aspects of the ecological state in the Transcarpathian internal depression for 2020]. *Ekolohichni nauky: nauково-praktychnyi zhurnal*. № 4(37). P. 114-120. [in Ukrainian]

25. Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. (2017). Zv'язok hidroheolohichnoho ta heodynamichnoho staniv Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu [Connection of hydrogeological and geodynamic conditions of the Transcarpathian internal depression]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnogo universytetu. Serii, „Heografichni nauky”*, Vypusk 7. P. 127-135. [in Ukrainian]

26. Ihnatyshyn V.V., Malyskyi D.V., Izhak T.I., Verbytskyi S.T., Ihnatyshyn A.V., Ihnatyshyn M.B. (2021). Hidroheolohichniy aspekt ekolohichnoho stanu Zakarpattia za 2020 rik [Hydrogeological aspect of the ecological state of Transcarpathia for 2020]. *Ekolohichni nauky: nauково-praktychnyi zhurnal*, № 6(39). P.42-49 [in Ukrainian]

27. Ihnatyshyn V.V., Malyskyi D.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. (2022). Hidroheolohichniy aspekt seismotektonichnykh protsesiv u Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni [Hydrogeological aspect of seismo-tectonic processes in the Transcarpathian internal depression.]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Heolohiia*. 98(3). P. 42-48 [in Ukrainian]

28. Ihnatyshyn V.V., Izhak T.I. (2018). Doslidzhennia zv'язku variatsii aerodynamichnykh parametriv ta seismotektonichnykh protsesiv na heolohichnykh strukturakh [Research on the relationship between variations in aerodynamic parameters and seismotectonic processes on geological structures]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho Derzhavnogo Universytetu, serii, „Heografichni nauky”*. № 8. P. 177-184 [in Ukrainian]

29. Ihnatyshyn V.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn A.V., Ihnatyshyn M.B. (2018). Zviazok elektromahnitnoi emisii nyzkochastotnoho diapazonu z heodynamichnym ta seismichnym stanamy Zakarpattia v 2017 rotsi [The relationship of low-frequency electromagnetic emission with the geodynamic and seismic conditions of Transcarpathia in 2017]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Serii „Heohrafichni nauky”*. № 9. P. 115-122. [in Ukrainian]

30. Ihnatyshyn V.V., Izhak T.I., Ihnatyshyn A.V., Verbytskyi S.T., Ihnatyshyn M.B. (2020). Doslidzhennia zviazku variatsii parametriv mahnitnoho polia ta seismotektonichnykh protsesiv v Zakarpatskomu vnutrishnomu prohyni za 2019 rik [Research on the relationship between variations in magnetic field parameters and seismotectonic processes in the Transcarpathian Internal Trough in 2019]. *Suchasnyi pedahoh: kolekt. nauk. monohrafiia*. Dnipro: Aktsent PP, T. 2. P. 143-153. [in Ukrainian]

31. Ihnatyshyn V.V. (2019). Variatsii parametriv mahnitnoho polia Zemli ta seismotektonichni stan Zakarpatskoho vnutrishnoho prohynu [Variations of Earth's magnetic field parameters and the seismotectonic state of the Transcarpathian internal depression]. *Zbirnyk navchalno-metodychnykh materialiv iz fizyky ta astronomii*, P. 197-218 [in Ukrainian]

32. Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn A.V., Verbytskyi S.T., Ihnatyshyn M.B. (2021). Suchasni horyzontalni rukhy kory v zoni Oashskoho hlybynnoho rozlomu: seismichni aspekt [Modern horizontal movements of the crust in the zone of the Oash deep fault: seismic aspect]. *Heolohichna nauka v nezalezhnii Ukraini: zbirnyk tez naukovoï konferentsii* (Kyiv, 8-9 veresnia 2021 r.). / NAN Ukrainy, In-t heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia im. M.P. Semenienka. P. 130-133 [in Ukrainian]