

УДК 911-5

DOI 10.32999/ksu2413-7391/2019-10-19

Ігнатишин В.В.,
кандидат фізико-математичних наук,
науковий співробітник відділу сейсмічності Карпатського регіону
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України,
доцент кафедри географії та туризму
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II

Іжак Т.Й.,
кандидат географічних наук,
доцент кафедри географії та туризму
Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II

Ігнатишин М.Б.,
провідний інженер відділу сейсмічності Карпатського регіону
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України

Ігнатишин А.В.,
інженер відділу сейсмічності Карпатського регіону
Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України

МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ГЕОДИНАМІЧНОГО СТАНУ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ

Періодичності в активізації сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині актуалізує дослідження геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. Вивчено зміни параметрів метеорологічного стану регіону: температури повітря, вологості повітря, атмосферного тиску, кількості опадів. Представлено результати дослідження геодинаміки регіону. Показано сейсмічність регіону, її зв'язок із рухами кори та іншими параметрами метеорологічного стану. Проведено дослідження метеорологічного аспекту сейсмогенеруючих процесів у Закарпатському внутрішньому прогині за 2018 рік. Відмічено зв'язок варіацій температури повітря та рухів кори, зв'язок варіацій атмосферного тиску та сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині.

Ключові слова: температура повітря, атмосферний тиск, сейсмічний стан, геодинамічний стан, сучасні горизонтальні рухи кори, Оашський глибинний розлом, Закарпатський внутрішній прогин, землетруси.

Ihnatyshyn V.V., Izhak T.Y., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. METEOROLOGICAL ASPECT OF THE GEODYNAMIC STATE OF THE TRANSCARPATHY INFRASTRUCTURE

Seismotectonic processes in the Transcarpathian Inner Trough are studied by means of measuring modern lateral movements of the Earth's crust and registering microseismicity at seismic stations of the Carpathian research and methodical geophysical division of the Carpathian region seismic activity department of S.I. Subbotin Geophysics Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine. Information on the geodynamic state of the region is obtained from the results of observing the lateral movements of the Earth's crust in Berehove lowlands (deformation gauge is at "Berehove» monitoring geophysical station) in the zone of Oaş deep-seated fault (deformation gauge is at deformation observation station "Korolevo»). The data on the local seismic activity are obtained from the results of observations at "Trosnyk» monitoring geophysical station (Trosnyk village, Vynohradiv Raion). The region's seismic activity is represented by a series of local earthquakes, their number varying from 20 to 190 instances). They may also include perceptible earthquakes happening once in 4-6 years, however, in the period 2010–2015 perceptible earthquakes were registered annually and their number was increasing. For instance, in 2015 there were 6 perceptible earthquakes in Tyachiv Raion. The study of the geodynamic state showed some peculiarities characteristic of the Transcarpathian Inner Trough: cyclicity of the region's geophysical processes, correlation of the influence factors and the region's geological processes, geophysical fields are influenced by the seismotectonic processes in the Transcarpathian Inner Trough.



This research studied the influence of the meteorological parameters on the course of ecologically dangerous phenomena in the region. Furthermore, it investigated seismically hazardous phenomena and meteorological parameter variations, their relation to modern lateral movements of the Earth's crust, as well as their influence on the region's seismic activity. This work also analysed the change of the region's meteorological state parameters: air temperature, air humidity, air pressure, and precipitation. It presented the results of studying the region's geodynamics. Moreover, the author showed the region's seismic rating, its relation to the movements of the Earth's crust as well as other parameters of the meteorological state, the results of analysing the relation between the region's meteorological and ecological state. The meteorological aspect of seismogenic processes in the Transcarpathian Inner Trough for the 2018 year has been researched. The hydrological character of the local seismic activity that is represented by 148 local low-intensity earthquakes has been substantiated. The increase of seismic activity in the region was the result of intensive lateral movements of the Earth's crust in the zone of Oaş deep-seated fault. The value of rock expansion in 2018 is $+19 \times 10^{-7}$ testifying of continued alternating geological processes in the region. The end of the alternating processes interval is accompanied by increased number of local earthquakes, including perceptible ones.

Key words: air temperature, atmospheric pressure, seismic state, geodynamic state, modern horizontal movements of the crust, Oashi deep fault, Transcarpathian inner deflection, earthquakes.

Постановка проблеми. Сейсмотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині досліджуються через вимірювання сучасних горизонтальних рухів земної кори та реєстрацію мікросейсмічності на сейсмічних станціях Карпатської дослідно-методичної геофізичної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Відомості про геодинамічний стан регіону отримують із результатів спостережень горизонтальних рухів кори в Берегівському горбогір'ї (деформограф на режимній геофізичній станції «Берегово») в зоні Оашського глибинного розлому (деформограф на пункті деформографічних спостережень «Королево»). Дані про місцеву сейсмічність отримано з результатів спостережень на РГС «Тросник» (с. Тросник, Виноградівський район). Сейсмічність регіону представляється серіями місцевих землетрусів, число яких коливається від 20 до 190 подій. Серед них можливі також відчутні землетруси з періодичністю раз 4-6 років, проте за період 2010–2015 рр. відчутні землетруси реєструвалися щорічно, і число їх збільшувалося. Зокрема, в 2015 році в Тячівському районі відбулося 6 відчутних землетрусів. Проте останні 3 роки, незважаючи на велику кількість слабких землетрусів, відчутних місцевих землетрусів не зареєстровано. Актуальність проведення досліджень геодинамічного стану регіону викликана сейсмічною активізацією регіону, наявністю на території досліджуваного регіону об'єктів підвищеної небезпеки, від стану яких залежить екологічний стан, розширенням інфраструктури туристичної галузі в Закарпатті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геофізичні спостереження на території Закар-

паття проводяться з другої половини 20 ст. на режимних геофізичних станціях пунктах деформометричних спостережень, сейсмічних станціях Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. За результатами комплексних геофізичних спостережень регіону отримано важливі відомості про будову земної кори та геомеханічні процеси в її верхніх шарах. Дослідження геодинамічного стану відмітило певні особливості, притаманні Закарпатському внутрішньому прогину (Вербицький, Т., Вербицький, Ю., Вербицький, С., & Ігнатишин, В., 2002; Ігнатишин, В., Малицький, Д., 2012; Ігнатишин, В., Малицький, Д., 2013; Ігнатишин, В., Малицький, Д., Коваль, Ю., 2013; Ігнатишин, В., Ігнатишин, А., Ігнатишин, В. (мол.). 2017; Ігнатишин, В., Ігнатишин, М., Ігнатишин, А. 2017). По-перше, періодичність геофізичних процесів у регіоні, по-друге, зв'язок факторів впливу та геологічних процесів в регіоні. Встановлено: геофізичні поля реагують на сейсмотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині. Періодичність геофізичних процесів робить актуальним продовження вивчення зв'язків геофізичних полів та процесів, що викликають землетруси та інші геомеханічні процеси в регіоні.

Постановка завдання. Мета роботи – вивчення впливу метеорологічних параметрів на протікання екологічно небезпечних явищ у регіоні. Об'єктом дослідження є сейсмонезбезпечні явища в регіоні. Предметом дослідження є дослідження варіацій метеорологічних параметрів, їх зв'язок із сучасними горизонтальними рухами кори, впливу на сейсмічність регіону. Відповідно до мети роботи необхідно вирішити такі завдання: 1) вивчити зміни параметрів метеорологічного стану регіону: тем-

ператури повітря, вологості повітря, атмосферного тиску, кількості опадів за 2018 рік; 2) проаналізувати результати дослідження геодинаміки регіону за 2018 рік; 3) описати сейсмічність регіону, її зв'язок із рухами кори та іншими параметрами метеорологічного стану за 2018 рік; 4) розглянути перспективи геофізичних спостережень у Закарпатському внутрішньому прогині.

Викладення основного матеріалу дослідження. Геодинамічний стан регіону. У 2018 році на території Закарпатського внутрішнього прогину проводилися геофізичні спостереження на пунктах Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, результати яких представлені в даній роботі, зокрема, Режимній геофізичній станції «Тросник», Пункті деформографічних спостережень «Королево». На режимній геофізичній станції «Тросник» (Закарпатська область, Виноградівський район, с.Тросник) проводяться режимні спостереження параметрів метеорологічного, гідрогеологічного та сейсмічного станів. Проводиться моніторинг варіацій параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, електромагнітної емісії, радіоактивного фону середовища. У смт Королево (Закарпатська область, Виноградівський район) в 1998 році змонтовано горизонтальний кварцовий деформограф базу 24, 5 м для вивчення сучасних

горизонтальних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. Результати, отримані протягом останніх 20 років, сформували картину геодинамічного стану регіону: виділено періодичності в горизонтальних рухах кори з періодом 12 років, відмічено наявність періоду знакозмінних геомеханічних процесів у зоні Оашського глибинного розлому. До 2012 року на ПДС «Королево» реєстрували розширення порід із середньою деформацією $+12 \times 10^{-7}$. Починаючи із цього часу на території Оашського глибинного розлому спостерігають знакозмінні геомеханічні рухи. Вивчення даного процесу відмічає факт підвищення сейсмічності регіону в цей період в інших сейсмонезбезпечних регіонах Землі. На пункті деформографічних спостережень «Королево» також змонтовано цифрову сейсмічну станцію DAS-05. На 15 грудня 2018 року в зоні Оашського глибинного розлому спостерігали розширення порід величиною $+46,5$ мкм. У 2017 році спостерігали стиснення порід величиною $-36,4$ мкм. Спостерігається знакозмінний процес, що характеризується підвищеною активізацією сейсмічності регіону.

Представлено деформації кори протягом 2018 року (рисунок 1).

На початку року розширення порід представлено інтенсивним розширенням та коливаннями з періодом один місяць та зміщеннями кори з більшою амплітудою в порівнянні

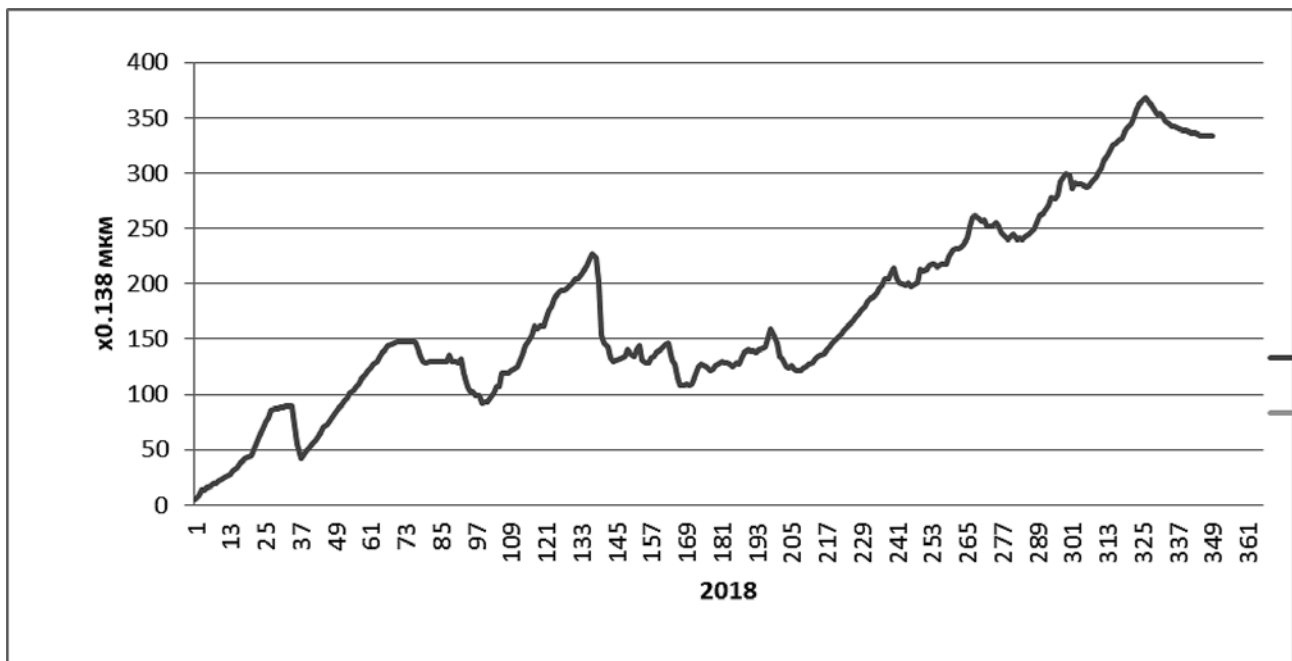


Рис. 1. Зміщення порід в зоні Оашського розлому



з періодом розширення порід у серпні-грудні 2018 року (рисунок 2). Цей ефект може бути викликаний сезонними процесами в регіоні. Відмічено кореляцію сейсмічності та рухів кори. Інтенсивні опади викликають стиснення порід та розрядку напружено деформованого стану порід.

Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності у 2018 році. Розглянуто розподіл сейсмічності в місячному діапазоні (рисунок 2). Станом на 01.12.2018 року сейсмічними станціями Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України зареєстровано 148 сейсмічних подій. Землетруси проходили на відстані до 150 км від місця розташування РГС «Тросник». Відмічено зменшення кількості місцевих землетрусів до кінця року, відсутність реєстрації

місцевих відчутних землетрусів починаючи з 2016 року.

Встановлено: продовжується період сейсмічного затишшя тривалістю 3,5 роки, що підвищує ризик прояву відчутних підземних поштовхів. Як і в минулому, максимуми часового розподілу місцевих землетрусів припадають на середину року. Досліджено добовий розподіл місцевої сейсмічності (рисунок 3).

Відмічено зв'язок підвищення місцевої сейсмічності від положення супутника на небосхилі, зв'язок відмічається також під час дослідження просторово-часового розподілу землетрусів зони Вранча, яка впливає на сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину.

Метеорологічні спостереження в Закарпатському внутрішньому прогині в 2018 році. Температура атмосферного

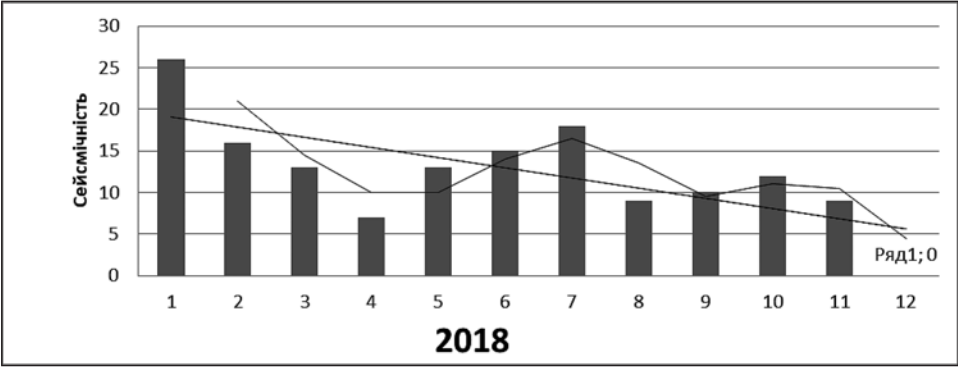


Рис. 2. Просторово-часовий розподіл сейсмічності в Закарпатському внутрішньому прогині у 2018 році

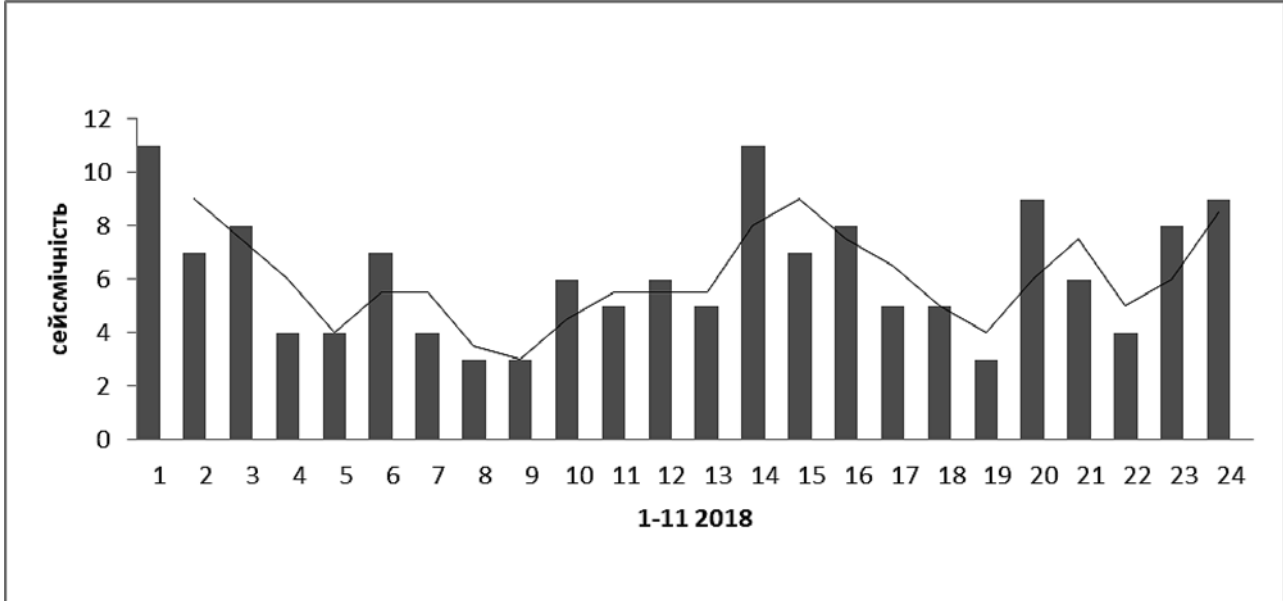


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності у 2018 році, залежність кількості місцевих землетрусів від часу доби в Закарпатському внутрішньому прогині

повітря та сучасні горизонтальні рухи земної кори. Проведено аналіз результатів моніторингу метеорологічних параметрів на території Закарпатського внутрішнього прогину, використано спостереження на РГС «Тросник», ПДС «Королево». Методика дослідження полягала в побудові просторово-часового розподілу величин параметрів метеорологічного стану за добу, місяць та рік. Проведено порівняння із просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності та варіацій динаміки сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому.

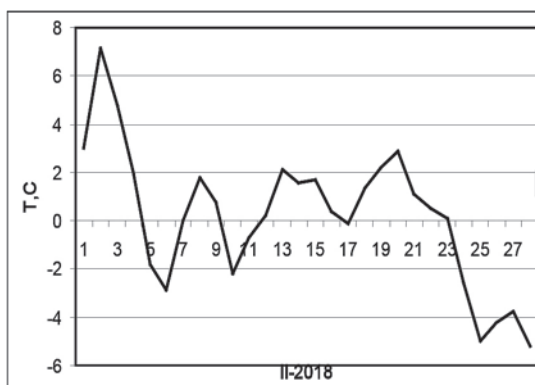
Температура повітря. Січень-лютий 2018 року. РГС «Тросник». Середня температура за січень 2018 року виміряна на РГС «Тросник» становила $T=+2.23^{\circ}\text{C}$. Відмічена тенденція до спаду температури протягом

місяця. Період коливань температури повітря становить 3-6 діб. У лютому виділено періоди 2-6 діб у коливаннях температури повітря (рисунок 4,а; рисунок 4,б).

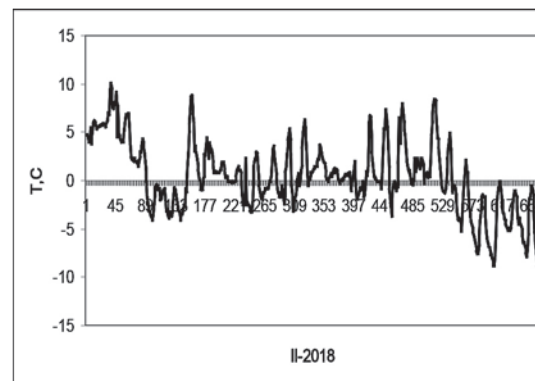
Середня температура повітря в лютому становить $+0.18^{\circ}\text{C}$. Досліджено варіації температури повітря за січень-жовтень 2018 року (рисунок 5).

Протягом перших трьох місяців коливання температури повітря мають меншу частоту та більшу амплітуду (рисунок 5).

Варіації атмосферного тиску та місцева сейсмічність в 2018 році. Метеорологічні спостереження включають в себе вимірювання атмосферного тиску за допомогою мікробарометра М-111 та метеорологічної станції «Конрад». Представлено варіації атмосферного тиску за січень-жовтень 2018 року (рисунок 6).



а)



б)

Рис. 4. а) варіації температури повітря в лютому 2018 року (середньодобові значення); б) температура повітря за лютий 2018 року (щогодинні спостереження)

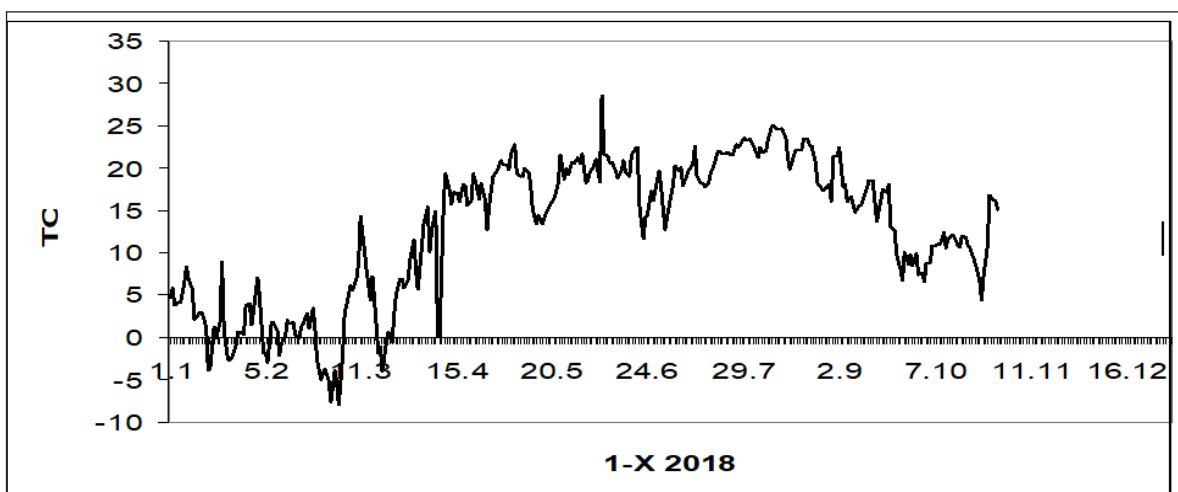


Рис. 5. Варіації середньодобових значень температури повітря за період січня-жовтня 2018 року на РГС «Тросник»



На початку року коливання атмосферного тиску має меншу частоту та більшу амплітуду коливань (рисунок 6). Розглянуто просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності та варіацію температури атмосферного повітря за 2018 рік (рисунок 7).

Сейсмічність регіону в річному діапазоні та варіації температури повітря знаходяться

в однакових часових інтервалах (рисунок 7). У діапазонах знижених температур повітря сейсмічність регіону активізується. Розглянуто зв'язок варіації параметрів геодинаміки регіону в 2018 році та місцеву сейсмічність, кінематики сучасних горизонтальних рухів кори та варіацію температури повітря на РГС «Тросник» (рисунок 8).

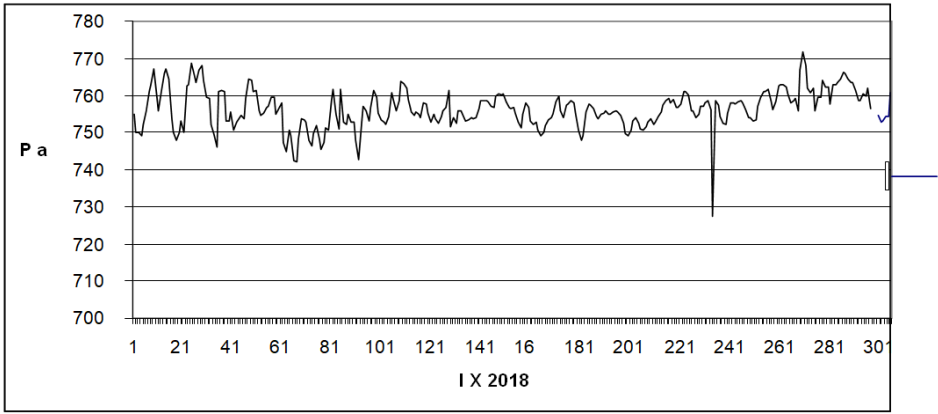


Рис. 6. Варіації атмосферного тиску на РГС «Тросник» за січень-жовтень 2018 рок

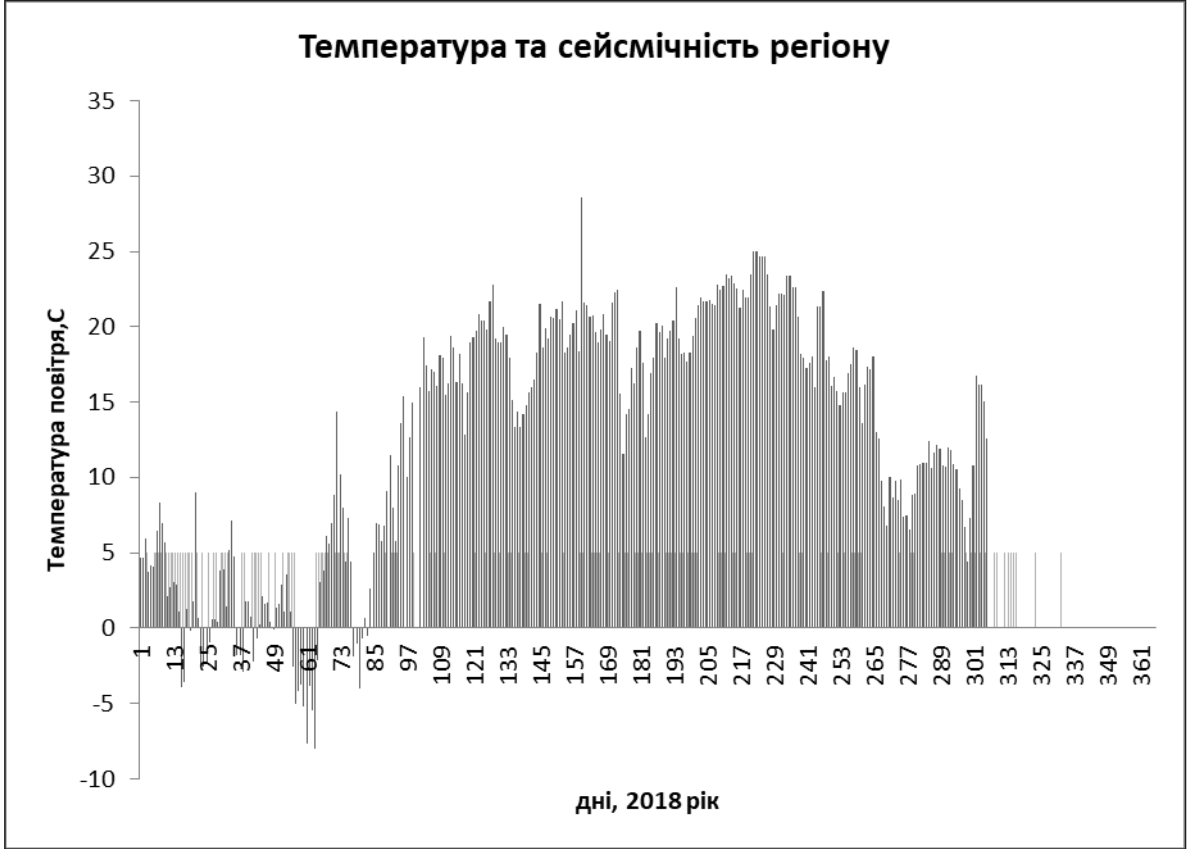


Рис. 7. Температура повітря та сейсмічність регіону в 2018 році (варіація температури повітря-крива чорного кольору; діаграма сірого кольору-місцева сейсмічність)

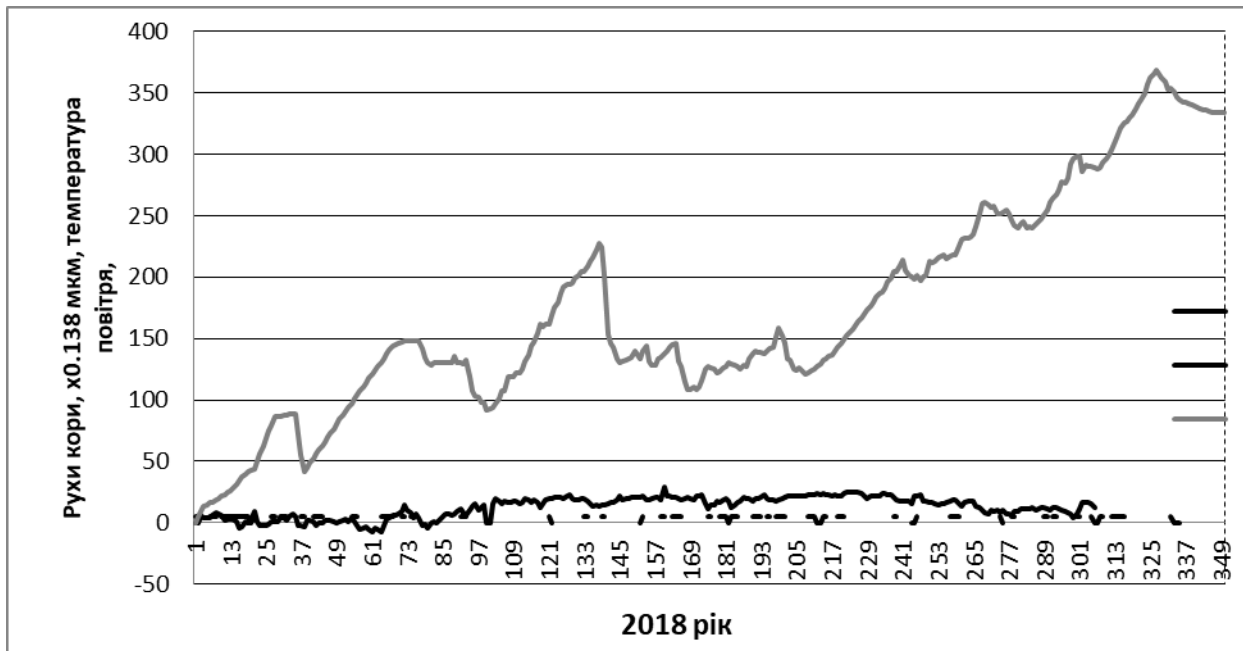
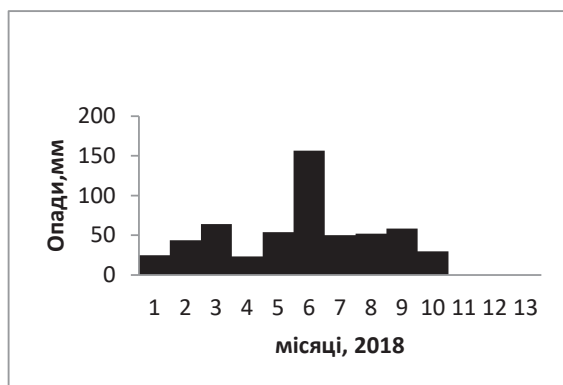
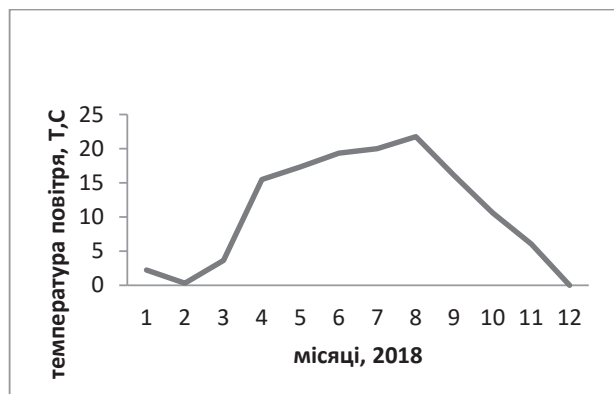


Рис. 8. Сучасні горизонтальні рухи кори (крива сірого кольору), сейсмічність регіону (штрих лінія), температура повітря (крива чорного кольору) у 2018 році в Закарпатському внутрішньому прогині



а)



б)

Рис. 9: а) атмосферні опади на РГС «Тросник» в 2018 році; б) варіації середньомісячної температури атмосфери на РГС «Тросник» в 2018 році

Сейсмічність у Закарпатті відносно графіку сучасних горизонтальних рухів у зоні Оашського глибинного розлому підвищується під час стиснення порід. Щодо зв'язку температури повітря та рухів кори, то відмічено: сезонні варіації температури повітря корелюються із сезонними змінами сучасних горизонтальних рухів кори. Стиснення порід у середині року супроводжується коливанням параметрів сучасних горизонтальних рухів. Досліджено варіації місячних величин атмосферних опадів та температури атмосфери, виміряних на РГС «Тросник» в 2018 році (рисунок 9. а, б).

За період з 1-10.2018 року на РГС «Тросник» випало 556,2 мм атмосферних опадів, максимуми припадають на червень місяць. Станом на 01.12.2018 року розраховано середню температуру за 2018 рік, яка становить +12° С. Отримані результати підтверджують подібність форми кривих залежності температури повітря від часу. Також слід відмітити вплив температури повітря на зміни зміщення точок спостереження деформографа на ПДС «Королево», розташованого в зоні Оашського глибинного розлому в смт. Королево, Виноградівського району, що важливо у вивченні сейсмотектонічних процесів у регіоні. Таким



чином, отримані результати дослідження геодинамічного стану регіону відмітили особливості впливу факторів – завад метеорологічного стану на розрядку напружено-деформованого стану зони Оашського глибинного розлому. Актуально продовжити вивчення зв'язку метеорологічного стану із сейсмотектонічними процесами на інших геологічних структурах Закарпаття, зокрема в районах підвищеної сейсмічності регіону.

Висновки з проведеного дослідження. У роботі представлено результати дослідження параметрів метеорологічного стану та вивчено зв'язок його характеристик із сейсмічним станом та фізичними характеристиками сучасних рухів земної кори за результатами геофізичного моніторингу навколишнього середовища за 2018 рік.

Описано сейсмічність регіону, його просторово-часовий розподіл. Досліджено параметри геодинаміки регіону: зареєстровано розширення порід у зоні Оашського глибинного розлому величиною $+19 \times 10^{-7}$.

Проаналізовано сейсмічну активізацію Закарпатського внутрішнього прогину: сейсмічними станціями регіону зареєстровано 148 місцевих землетрусів.

Представлено варіації температури повітря у 2018 році: середня температура повітря становить $+12^{\circ}\text{C}$.

Досліджено вплив зміни атмосферного тиску на сейсмотектонічні процеси в регіоні, збільшення атмосферного тиску супроводжується підвищеними кінематичними характеристиками рухів земної кори.

Сейсмічність регіону в річному діапазоні та варіації температури повітря знаходяться в однакових часових інтервалах.

У діапазонах знижених температур повітря сейсмічність регіону активізується. За 2018 рік не відмічено жодного місцевого відчутного землетрусу.

За період з 1-10.2018 року на РГС «Тросник» випало 556,2 мм атмосферних опадів, максимуми припадають на червень місяць.

Актуально проведення метеорологічних спостережень в інших точках Закарпатського внутрішнього прогину для дослідження їх зв'язку з горизонтальними рухами кори та сейсмічністю в регіоні.

часі енергії та кількості Закарпатських землетрусів, Праці НТШ, Львів. [Verbytskyi, T., Verbytskyi, Yu., Verbytskyi, S., & Ihnatyshyn, V., (2002). Prognosis of time and energy changes in Transcarpathian earthquakes, Proceedings of NTSh, Lviv. (In Ukrainian)]

2. Ігнатишин, В., Малицький, Д., (2012). Геофізичні та сейсмологічні дослідження в центральній частині Закарпаття. (За результатами режимних спостережень на РГС «Тросник», ПДС «Королеве», РГС «Берегове»). Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах, Матеріали наукової конференції- семінару присвяченої 80 –річчю з дня народження Тараса Зіновійовича Вербицького. [Ihnatyshyn, V., Malyskiy, D., (2012). Geophysical and seismological research in the central part of Transcarpathia. (According to the results of regime observations at the CSG «Trosnik», PDS «Korolev», CSG «Beregovoe»). Seismological and geophysical studies in seismically active regions, Materials of a scientific conference-seminar devoted to the 80th anniversary of the birth of Taras Zinovievich Verbitsky. (In Ukrainian)].

3. Ігнатишин, В., Малицький, Д., (2013). Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати. Геодинаміка, № 2(15). Львів : Вид-во Львівської політехніки. [Ihnatyshyn, V., Malyskiy, D., (2013). Geophysical observations in Transcarpathia and their results. Geodynamics, No. 2(15). Lviv : View of Lviv Polytechnic. (In Ukrainian)].

4. Ігнатишин, В., Малицький, Д., Коваль, Ю., (2013). Геодинамічна модель та сейсмічний стан Закарпаття за результатами деформаційних спостережень. Геодинаміка, № 2(15). Львів : Вид-во Львівської політехніки. [Ihnatyshyn, V., Malyskiy, D., Koval, Yu., (2013). Geodynamic model and seismic state of Transcarpathia as a result of deformation observations. Geodynamics, No. 2 (15). Lviv : View of Lviv Polytechnic. (In Ukrainian)].

5. Ігнатишин, В., Ігнатишин, А., Ігнатишин, В. (-мол.). (2017). Вплив факторів-завад на геомеханічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині. Матеріали Міжнародної наукової конференції «Астрономічна школа молодих вчених», Україна, Біла Церква, 24-25 травня 2017 р. [Ihnatyshyn, V., Ihnatyshyn, A., Ihnatyshyn, V. (mol.). (2017). Influence of factors-hindrances on geomechanical processes in the Transcarpathian inner deflection. Materials of the International Scientific Conference «Astronomical School of Young Scientists», Ukraine, Bila Tserkva, May 24-25, 2017. (In Ukrainian)].

6. Ігнатишин, В., Ігнатишин, М., Ігнатишин, А. (2017). Метеорологічний аспект сейсмотектонічного стану Закарпатського внутрішнього прогину в 2016 році. Magyar Tudományok Journal (Budapest, Hungary). EMKE Bulding, Budapest. [Ihnatyshyn, V., Ihnatyshyn, M., Ihnatyshyn, A. (2017). Meteorological aspect of seismotectonic state of Transcarpathian inner deflection in 2016. Hungarian scientific journal (Budapest, Hungary). EMKE Bulding, Budapest].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Вербицький, Т., Вербицький, Ю., Вербицький, С., & Ігнатишин, В., (2002). Прогноз зміни в

Стаття надійшла до редакції 28.05.2019