

УДК 910-2

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ВАРІАЦІЙ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА СЕЙМОТЕКТОНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ГЕОЛОГІЧНИХ СТРУКТУРАХ

Існують фактори, які впливають на стан протікання геологічних процесів у регіоні, зокрема метеорологічні та гідрологічні. Вони досліджуються тривалий період, отримано результати, що виявили особливості екологічного стану навколишнього середовища. Особливе місце серед факторів-завад займають аеродинамічні характеристики, які на даний час вивчені недостатньо. Метою дослідження є вивчення впливу аеродинамічних характеристик атмосферного повітря на протікання сеймотектонічних процесів у регіоні. Методика дослідження включає аналіз динамічних характеристик рядів спостережень параметрів метеорологічного та геодинамічного стану регіону за 2017 рік. У результаті дослідження відмічено зв'язок варіацій аеродинамічних параметрів та сеймотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині.

Ключові слова: землетруси, сеймотектонічні процеси, аеродинамічні параметри, сучасні горизонтальні рухи, геодинамічний стан, деформометр, швидкість вітру, напрям вітру, температура повітря.

Существуют факторы, которые влияют на состояние протекания геологических процессов в регионе, в частности метеорологические и гидрологические. Они исследуются длительный период, получены результаты, которые выявили особенности экологического состояния окружающей среды. Особое место среди факторов-помех занимают аэродинамические характеристики, которые в настоящее время изучены недостаточно. Целью исследования является изучение влияния аэродинамических характеристик атмосферного воздуха на протекание сеймотектонических процессов в регионе. Методика исследования включает анализ динамических характеристик рядов наблюдений параметров метеорологического и геодинамического состояния региона за 2017 год. В результате исследования отмечена связь вариаций аэродинамических параметров и сеймотектонических процессов в Закарпатском внутреннем прогибе.

Ключевые слова: землетрясения, сеймотектонические процессы, аэродинамические параметры, современные горизонтальные движения, геодинамическое состояние, деформометр, скорость ветра, направление ветра, температура воздуха.

Ignatyshyn V.V., Izhak T.Y. INVESTIGATION OF CONNECTION OF AERODYNAMIC PARAMETERS AND SEISMOTECTONIC PROCESSES ON GEOLOGICAL STRUCTURES OF TRANSCARPATHIA

The ecological state of Transcarpathian inner deflection is determined by meteorological, hydrogeological and geodynamic conditions. There are factors that influence the state of occurrence of geological processes in the region, in particular: meteorological and hydrological, they are investigated for a long period, results are received that marked the peculiarities of the ecological state of the environment. The aerodynamic characteristics occupy a special place among the noise factors, which are currently not sufficiently studied. The purpose of the study is to study the influence of aerodynamic characteristics of atmospheric air on the occurrence of seismotectonic processes in the region. The research methodology includes the analysis of the dynamic characteristics of the observation series of the parameters of the meteorological and geodynamic condition of the region for 2017. The study revealed a connection between variations in aerodynamic parameters and seismotectonic processes in the Transcarpathian inner trough.

Key words: earthquakes, seismotectonic processes, aerodynamic parameters, modern horizontal movements, geodynamic state, deformometer, wind speed, wind direction, air temperature.



Постановка завдання. Сучасний сейсмотектонічний стан Закарпатського внутрішнього прогину робить актуальним питання вивчення сучасних рухів кори та їхній зв'язок із сейсмічними процесами в регіоні. Сучасні рухи кори вимірюються на деформометричних станціях та геофізичних станціях із встановленими нахиломірами. На Закарпатті функціонують деформометричні станції: на території Берегівського горбогір'я – на режимній геофізичній станції «Берегово» та в зоні Оашського глибинного розлому на пункті деформометричних спостережень «Королево» Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України. Геофізичні спостереження проводяться по всій території Закарпаття на режимних геофізичних станціях, зокрема на РГС «Тросник» (Виноградівський район, с. Тросник). За результатами комплексних геофізичних досліджень у регіоні отримані важливі результати, що необхідні для вирішення екологічних проблем геологічних структур Закарпаття [1–5]. Проводяться дослідження впливу факторів завад на результати деформометричних вимірювань, таких як температура повітря, також суттєво впливають на результати вимірювань параметри гідрогеологічного стану. Вивчення фізичних параметрів атмосферного повітря важливе в кліматології, геофізиці та в дослідженні пов'язаного з ним екологічного стану.

Важливою задачею для визначення характеристик сейсмотектонічних процесів у регіоні є геофізичний моніторинг атмосфери, дослідження її фізичних властивостей та вимірювання її основних параметрів: температури повітря на різних висотах, атмосферного тиску, вологості, напрямку та швидкості вітру. Необхідність вивчення впливу вітрів на сейсмічність є актуальною, оскільки вони можуть прискорювати розрядку напружено-деформованого стану порід і є недостатньо дослідженими на предмет впливу на сучасні рухи земної кори. Необхідно вивчити ступінь впливу аеродинамічних параметрів на процеси накопичення та розрядки напружено-деформованого стану порід регіону.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження впливу аеродинамічних характеристик атмосферного повітря на протікання сейсмотектонічних процесів у регіоні.

Об'єкт дослідження – це сейсмотектонічні процеси, параметри геофізичних полів, сучасні рухи земної кори. Предметом дослідження є аеродинамічні характеристики метеорологічного поля та їхній зв'язок із сейсмотектонічними процесами в регіоні. Для досягнення мети роботи необхідно вирішити такі задачі: проаналізувати результати минулорічних аеродинамічних та геофізичних спостережень, провести геофізичні дослідження в регіоні на предмет виявлення ступеня впливу аеродинамічних характеристик на геологічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині в 2017 році.

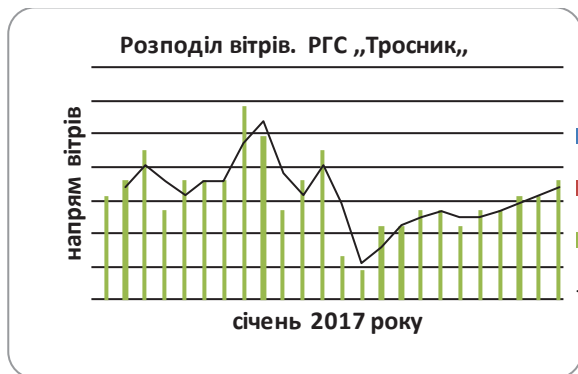
Методика дослідження включає в себе вимірювання, розрахунок аеродинамічних параметрів атмосфери та розрахунок кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори. Проведено вивчення зв'язку аномальних збурень параметрів геофізичних полів та сейсмічної активізації регіону. Для цього було використано результати метеорологічних та геофізичних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому, побудовано залежності аерофізичних та геофізичних параметрів від часу. Відзначено особливості варіацій параметрів геофізичних полів, зроблено важливі висновки для визначення періодичностей геофізичних процесів. Також було вивчено зв'язок динамічних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори з напрямками вітру в регіоні, відзначено зв'язок швидкостей вітру з прискореннями сучасних горизонтальних рухів у зоні Оашського глибинного розлому за 2017 рік. Періоди аномальних рухів кори супроводжувалися інтервалами підвищених швидкостей рухів кори та сейсмічною активізацією регіону. Вивчено вплив температури та атмосферного тиску на сейсмотектоніку регіону, використовуючи щоденні вимірювання параметрів метеорологічного стану. Отримані результати дають можливість вирішення проблем екологічного стану регіону, пов'язаного з геомеханічними процесами – зсувами та землетрусами. Важливою геологічною структурою Закарпатського внутрішнього прогину є зона Оашського глибинного розлому, тут працює деформометрична станція «Королево». Основні фізичні величини, які безпосередньо впливають на сейсмотектонічні процеси в регіоні, –

температура повітря, атмосферний тиск, напрям вітру та швидкість вітру.

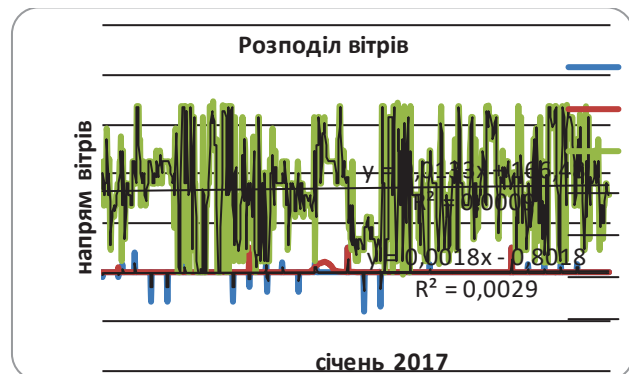
Виклад основного матеріалу дослідження. *Метеорологічний стан та сейсмотектонічні процеси в регіоні у 2017 р.* За період геофізичних спостережень у 2017 році зареєстровано 181 місцевий землетрус у Закарпатському внутрішньому прогині. Розраховано середньорічну температуру повітря в регіоні, яка становить $+10.61^{\circ}\text{C}$. Аналізуючи криву коливань температури повітря в регіоні, можна припустити, що періоди переважної кількості зареєстрованих землетрусів супроводжуються періодами низькочастотних коливань температури повітря, які припадають на початок та кінець року. Порівнюючи середньорічні температури повітря, зокрема за

2016 рік, коли вона становила $+10,385^{\circ}\text{C}$, слід відмітити зростання середньорічних характеристик метеорологічного стану регіону. Проведений також аналіз змін середньомісячних величин температури повітря за 2017 рік. Виділяється максимум температури повітря в серпні 2017 року. Проаналізовано ряди середньомісячних температур повітря та часового розподілу сейсмічності в регіоні. Застосування методу обчислення середньомісячних величин температури повітря та порівняння інтервалів часу часового розподілу сейсмічності в регіоні дозволяє сформулювати картину зв'язку сейсмічності та змін температури повітря, які безпосередньо впливають на сейсмічність регіону.

Січень 2017 року. Аналіз розподілу вітрів у січні 2017 року (рис. 1а).



а)

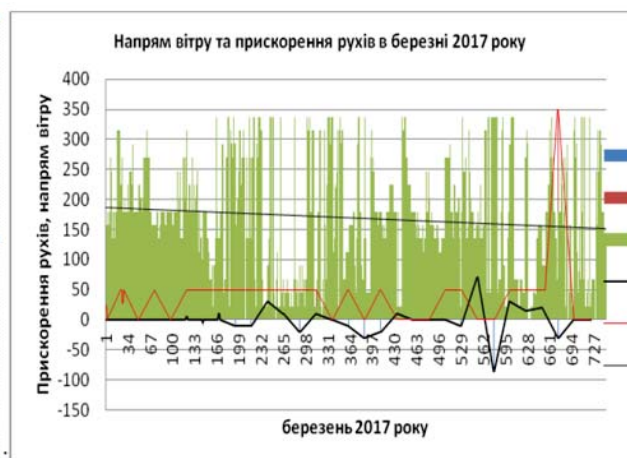


б)

Рисунок 1 а) Розподіл вітрів на РГС «Тросник» 1 січня 2017 року;
б) Прискорення рухів кори (діаграма синього кольору), розподіл вітрів (крива зеленого кольору), сейсмічність регіону (діаграма червоного кольору)



а)



б)

Рис. 2. а) Напрямок вітру в березні 2017 року на РГС «Тросник»; б) Напрямок вітрів у березні 2017 року (діаграма зеленого кольору), динаміка сучасних рухів (крива чорного кольору) та місцева сейсмічність (діаграма червоного кольору). РГС «Тросник» та ПДС «Королево»

Переважаючими вітрами в січні 2017 року на РГС «Тросник» були вітри південно-східні, східні та південно-західні вітри (рисунок 1а). Рухи кори на ПДС «Королево» в січні місяці представлені стисненнями кори величиною -1.93 мкм. Розглянуто зв'язок рухів кори та просторово-часовий розподіл вітрів у Виноградівському районі. Землетруси відбуваються під час вітрів південного та північного напрямків. У січні 2017 року відбулося 4 землетруси (рис. 1б). Стиснення порід супроводжується вітрами південного напрямку. Землетруси відбулися під час вітрів південного напрямку.

Представлено напрямки вітру в березні 2017 року (рис. 2а).

Переважаючі напрямки вітру в березні 2017 року: $150-180^\circ$. Розглянуто рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в березні, що представлено розширенням порід величиною $+3.87$ мкм (рисунок 2б). Під час північних вітрів відзначають підвищенні величини прискорення сучасних горизонтальних рухів кори. У березні 2017 року зареєстровано 28 місцевих землетрусів. Сейсмічність підвищена під час північних та східних вітрів. Розглянуто напрямки вітрів, місцеву сейсмічність та сучасні рухи земної кори (рис. 3а).

Сейсмічність активізується в разі аномалій сучасних рухів кори та в періоди вітрів з азимутом 150° . Проаналізовано розподіл вітрів

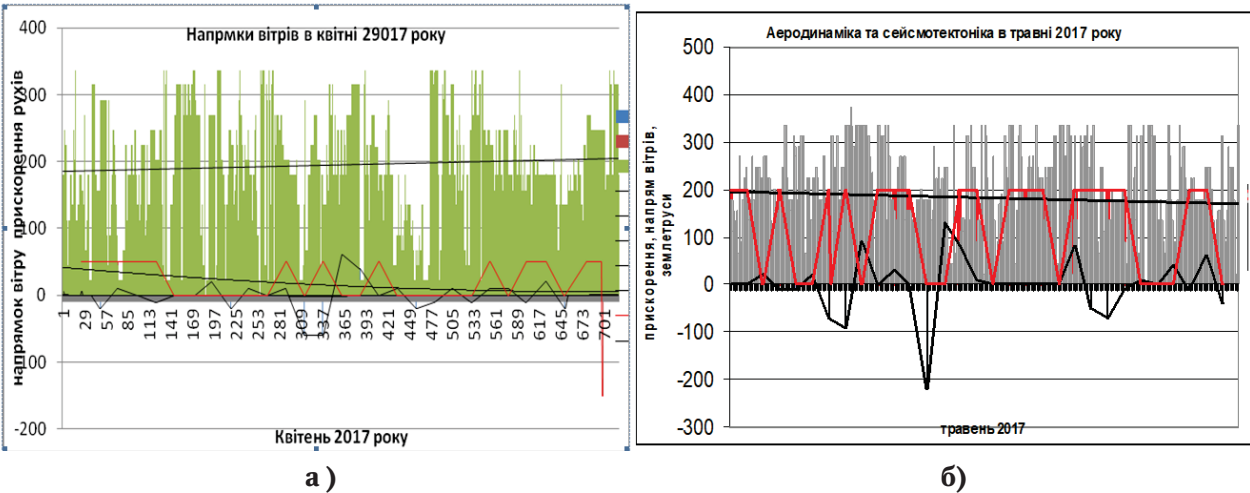


Рис. 3. а) Напрямки вітрів (діаграма зеленого кольору). Прискорення рухів на ПДС «Королево» (крива чорного кольору) та місцева сейсмічність (крива червоного кольору); б) Напрямки вітрів (діаграма сірого кольору) та сейсмотектонічні процеси в регіоні: землетруси (крива червоного кольору), рухи кори (лінія чорного кольору) в травні 2017 року

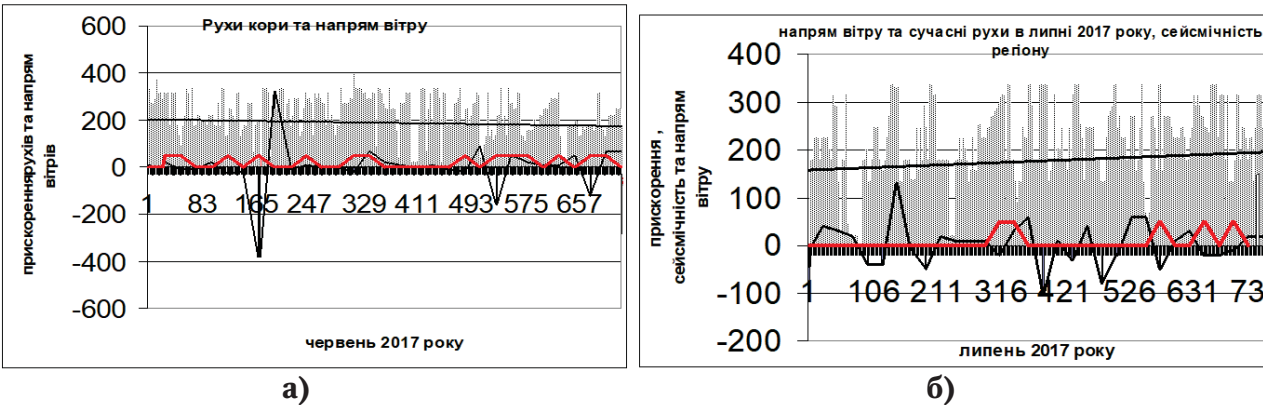


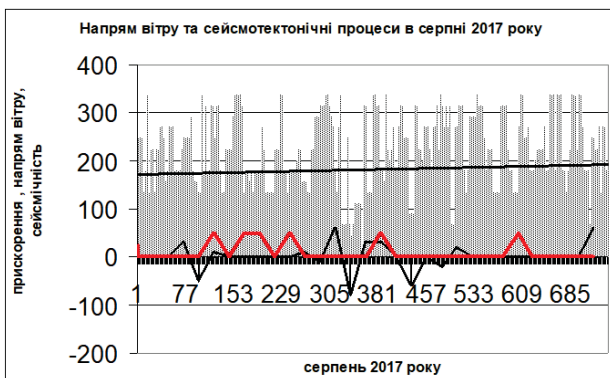
Рис. 4. а) Рухи кори (крива чорного кольору) та напрямок вітру (діаграма сірого кольору), сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину (крива червоного кольору) в червні 2017 року; б) Напрямок вітру (діаграма сірого кольору), прискорення рухів (крива чорного кольору), сейсмічність регіону (крива червоного кольору) в липні 2017 року

у травні 2017 року на РГС «Тросник» та їхній зв'язок із сучасними горизонтальними рухами в зоні Оашського глибинного розлому і сейсмічністю Закарпатського внутрішнього прогину (рис. 3б). Переважаючий напрямок вітрів -180° (південні вітри). У травні 2017 року спостерігали стиснення порід величиною -5.796 мкм. Аномальні параметри сучасних горизонтальних рухів відносяться до інтервалу середнього напрямку рухів за місяць. Сейсмічність у травні представлена 25 місцевими землетрусами, розглянуто їхній часовий розподіл (рис. 3б).

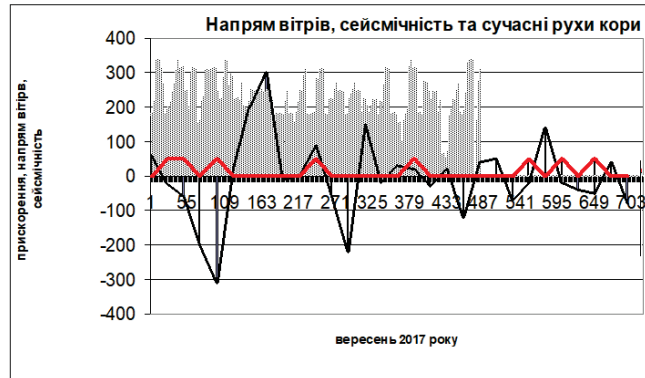
Аналіз показує, що землетруси відбуваються протягом всього місяця, проте серія землетрусів реєструється в періоди підвищених значень прискорень сучасних рухів, які відбуваються при середньомісячних напрямках рухів атмос-

ферного повітря. Розглянуто сейсмотектонічні процеси та аеродинаміку на території Закарпатського внутрішнього прогину (рис. 4а). Переважаючий напрямок вітрів на РГС «Тросник» за червень 2017 року становить 188.7° . Рухи кори в червні 2017 року в зоні Оашського глибинного розлому представляють собою стиснення величиною -6.21 мкм (рисунок 4а). Дослідження рядів спостережень вказує на зв'язок напрямку вітрів та прискорень сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому, відзначено інтенсивні рухи кори під час дії південних вітрів. У червні зареєстровано 19 землетрусів на території Закарпатського внутрішнього прогину (рис. 4а).

Землетруси зареєстровано в період швидких рухів кори, в більшості випадків під час дії пів-

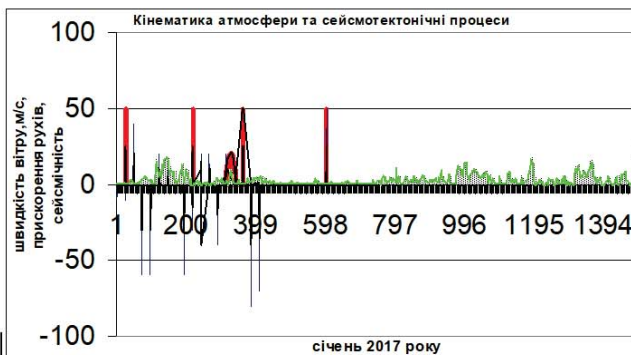


а)

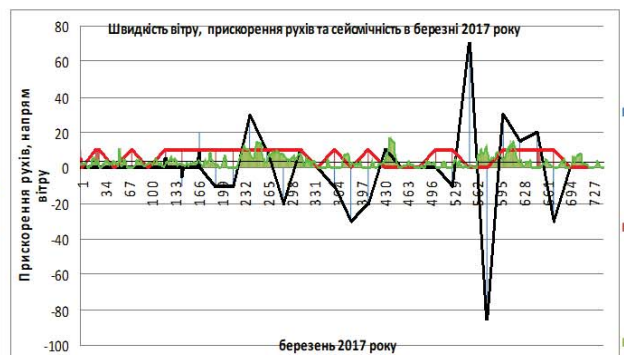


б)

Рис. 5. а) Сейсмічність (крива червоного кольору), рухи кори (крива чорного кольору) та напрямок вітрів (діаграма сірого кольору) в серпні 2017 року в Закарпатському внутрішньому прогині; б) Геофізичний моніторинг середовища: напрямок вітру (крива сірого кольору), сейсмічність (крива червоного кольору) та сучасні рухи кори (крива чорного кольору) у вересні 2017 року



а)



б)

Рис. 6. а) Швидкість вітру (крива зеленого кольору) та геодинаміка регіону: сучасні рухи кори (діаграма чорного кольору), сейсмічність (діаграма червоного кольору) в січні 2017 року; б) Швидкість вітру (крива зеленого кольору), прискорення рухів (крива чорного кольору) та сейсмічність регіону (крива червоного кольору) в березні 2017 року



денних вітрів. Необхідно вивчити розподіл вітрів та їхній зв'язок із сеймотектонікою регіону. Досліджено зв'язок параметрів вітрів та рухів кори, із сейсмічністю в регіоні (рисунок 4б). Відзначено тренд напрямку вітру з південно-східного напрямку на південний. Виміряно розширення порід величиною +11.73 мкм у зоні Оашського глибинного розлому в липні 2018 року (рис. 4б). У липні 2017 року в регіоні зареєстровано 7 місцевих землетрусів, які відбулися в інтервалах підвищених кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому. Напрямок вітрів у цих точках відповідав південно-східним та південно-західним.

Серпень 2017 року. Аналіз результатів метеорологічних та геофізичних спостере-

жень у Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 5а). Рухи кори в серпні 2017 року – розширення порід величиною +6.21 мкм. Сейсмічними станціями в регіоні зареєстровано 9 місцевих землетрусів.

Швидкі рухи відзначені під час північно-східних вітрів, сейсмічність представлена 8 місцевими землетрусами, які проявилися в період швидких рухів кори та північно-східних повітряних мас. Проаналізовано результати моніторингу метеорологічного стану та сеймотектонічних процесів у регіоні (рисунок 5б). У вересні 2017 року зареєстровано 9 місцевих землетрусів, відмічено стиснення порід величиною -13.98 мкм.

Аналізуючи вищенаведені графіки, можна відзначити: землетруси та періоди інтенсив-

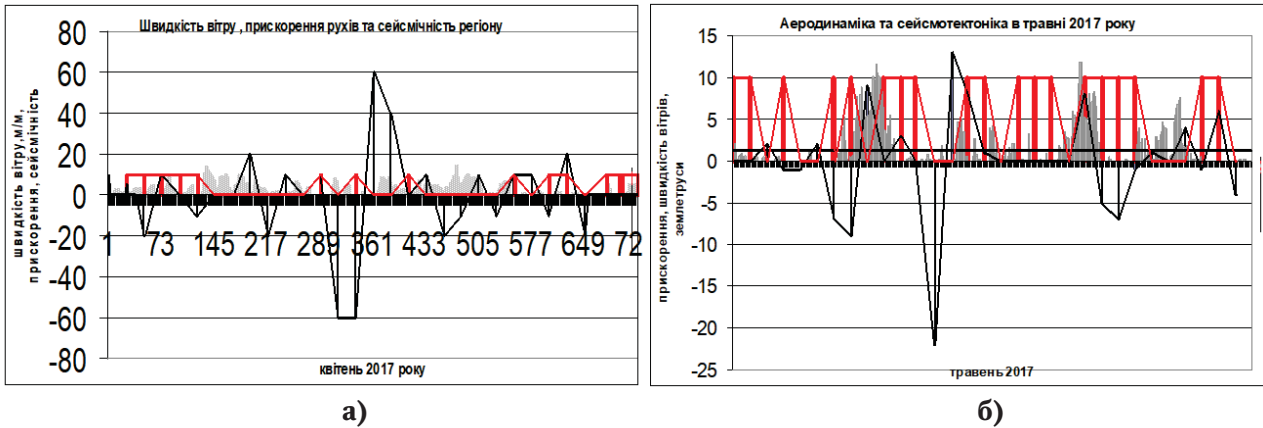


Рис. 7. а) Швидкість вітру (діаграма сірого кольору), рухи кори (крива чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма червоного кольору) у квітні 2017 року; б) Динаміка атмосферних потоків (діаграма сірого кольору), рухи кори (крива чорного кольору) та сейсмічність (діаграма червоного кольору) у травні 2017 року на РГС «Тросник» та ПДС «Королево»

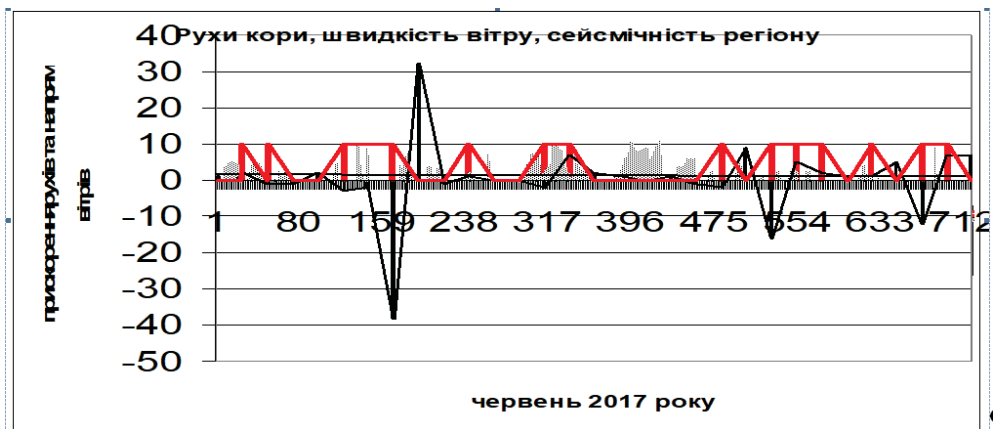


Рис. 8. Сучасні рухи кори (крива чорного кольору) та сейсмічність (діаграма червоного кольору), швидкість вітру (діаграма сірого кольору) в червні 2017 року на РГС «Тросник» та ПДС «Королево»

них рухів співпадають, інтенсивність рухів та напрямки вітрів зв'язані – амплітуди прискорення зростають під час зміни вітрів від східних до західних вітрів.

Швидкість вітрів та сеймотектоніка Закарпатського внутрішнього прогину. Січень 2017 року. Розглянуто варіації швидкості повітря і сейсмічність регіону (рис. 6а) та вплив вітрів на розрядку напружено-деформованого стану порід (рис. 6б).

Середня швидкість повітря в січні становить 1.93 м/с. Сейсмічність підвищена в часовому інтервалі сильних вітрів. Періоди підвищених швидкостей повітря та періоди швидких рухів кори в зоні Оашського розлому корелюються. Вітри впливають на геомеханіку регіону, супроводжуються місцевими землетрусами. Середня швидкість вітрів у березні в регіоні становить 3.44 м/с.

Квітень 2017 року. Середня швидкість вітрів у квітні 2017 року дорівнює 2.02 м/с (рис. 7а). Відзначено зв'язок динаміки повітряних мас із динамікою сучасних горизонтальних рухів кори (рис. 7б).

Сейсмічність регіону відзначена в інтервалах швидких рухів кори, які відбуваються під час впливу повітряних мас. Сильний вітер передував аномальним рухам земної кори, що супроводжувалися розрядкою напружено-деформованого стану порід.

Динаміка повітряних мас корелюється з динамікою рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та проявами місцевої сейсмічності.

Висновки з проведеного дослідження. Розглянуто варіації напрямку вітрів, швидкості вітрів, атмосферних опадів, температури повітря, атмосферного тиску на РГС «Тросник» у 2017 році. Проведено дослідження зв'язку параметрів атмосферного повітря та сеймотектонічних процесів у регіоні у 2017 році. Відзначено зв'язок між варіаціями температури повітря та сейсмічністю в регіоні, землетруси відбуваються в разі збільшення температури повітря. Прискорення сучасних

горизонтальних рухів зв'язано з температурою повітря: збільшення температури припадає в часі зі стисненням земної кори. Динаміка варіації температури повітря та динаміка сучасних рухів корелюють між собою. У результаті аналізу варіацій аеродинамічних параметрів та сейсмічно тектонічних процесів регіону відзначено: землетруси та періоди інтенсивних рухів співпадають, інтенсивність рухів та напрямки вітрів зв'язані – амплітуди прискорення зростають під час зміни вітрів від східних до західних вітрів. Середня швидкість рухів повітря за 2017 рік становить 1.17 м/с. Дослідження зв'язку динаміки повітряних мас та динаміки руху земної кори визначило зв'язок величини швидкості повітря з рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2017 рік та напрямків вітру із сеймотектонічними процесами в регіоні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Методика обробки і аналізу даних геофізичного моніторингу сеймотектонічних процесів в Закарпатті та деякі його результати / Т. Вербицький, О. Кендзера, В. Кузнецова, Р. Кутас, Л. Литиніна, Б. Бойко, С. Вербицький, Ю. Вербицький, В. Ігнатишин, М. Бевзюк, Я. Різник, В. Шляховий. Геофиз. журнал. 2000. 22. № 3. С. 9–17.
2. Деформометричні методи вивчення геофізичних процесів на базі Карпатського геодинамічного полігону / В. Ігнатишин, Н. Шульга, І. Ярема, О. Новотна, М. Нарівна, Л. Коваль. Праці НТШ. Львів. 2006. С. 140–147.
3. В.В. Ігнатишин, Д.В. Малицький. Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати. Геодинаміка. 2013. № 2 (15). Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. С. 154–156.
4. В.В. Ігнатишин, Д.В. Малицький, Ю.П. Коваль. Геодинамічна модель та сейсмічний стан Закарпаття за результатами деформаційних спостережень. Геодинаміка. 2013. №2. (15). Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. С. 157–159.
5. Ігнатишин В.В. Дослідження гідрогеологічного аспекту сеймотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 85- річчю географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. КНУ імені Тараса Шевченка.-К.: Принт-Сервіс, 2018. 361 с.