

УДК 550.344

В. Ігнатишин, канд. фіз.-мат. наук, мол. наук. співроб., E-mail: rgstrs@i.ua,
 Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України,
 пр. Палладіна, 32, м. Київ, Україна, 03680

Д. Малицький д-р фіз.-мат. наук, проф., зав. відділу,
 E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

Ю. Коваль, асп.,
 Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна
 Національної академії наук України,
 вул. Наукова, 3-б, Львів, Україна, 79060

ДИНАМІКА СУЧАСНИХ РУХІВ ЗЕМНОЇ КОРИ В ЗОНІ ОАШСЬКОГО ГЛИБИННОГО РОЗЛОМУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. З.О. Виждою)

Комплексне вивчення сейсмотектонічних процесів в Карпатському регіоні проводиться з метою отримання параметрів сучасного геодинамічного стану в регіоні. Дослідження сучасних рухів за результатами деформометричних спостережень відмічає загальну тенденцію горизонтальних зміщень, які домінують в Карпато-Балканському регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині.

Одним із найбільш ефективних і точних методів їх визначення є реєстрація деформації земної поверхні за допомогою кварцового деформографа. За період реєстрації деформаційних процесів в зоні Закарпатського внутрішнього прогину накопичено значний експериментальний матеріал. За результатами моніторингових досліджень на пункті деформографічних спостережень (ПДС) "Королеве" побудовано залежності різних геофізичних полів від сейсмічності регіону. Розглянуто зв'язок варіацій повітряних деформацій земної кори з місцевими сейсмічними подіями. В роботі розглянуто результати комплексного аналізу процесів, які протікали в регіоні в 2013 році, та їх зв'язок із даними попередніх досліджень.

У роботі представлено результати спостережень рухів земної кори на ПДС "Королеве" з 1999 року по 2013 рік. Для досліджуваного регіону зареєстровані деформації є результатом тектонофізичних процесів в земній корі, впливу метеорологічних факторів (кількості опадів, рівня води в річках та інших).

За результатами деформографічних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за 2013 р відмічено розширення гірських порід зі швидкістю $+1104$ нстр, яке відбувається після стиснення земної поверхні, яке спостерігалось протягом півтора року. При вивченні місцевої сейсмічності відмічено аномалію прискорення сучасних рухів. Подібні ефекти були також перед іншими відчутними сейсмічними подіями в регіоні.

Практичне значення роботи полягає у визначенні величини деформацій за 2013 рік, яка дорівнює $+11.04 \cdot 10^7$ і знаходиться в інтервалі спостережуваних середньорічних величин вікових рухів у Карпато-Балканському регіоні. Встановлено, що характер деформацій гірських порід є розширення. Величина деформацій за весь період спостережень становить $+18097.635$ нстр, $(180 \cdot 10^7)$ та середньорічний віковий хід рівний $+12.065 \cdot 10^7$.

Ключові слова: Карпатський регіон, сейсмотектонічні процеси, сучасні рухи, геодинамічний стан, деформометричні спостереження, Закарпатський внутрішній прогин.

Вступ. Процеси у верхніх шарах земної кори відіграють важливу роль у формуванні загального сейсмотектонічного стану в сейсмонезбезпечних зонах. Вивчення основних характеристик геофізичних процесів в Карпатському регіоні створює можливості для виявлення особливостей геологічних структур та їх зв'язку із сейсмічною активністю. Дослідження сучасних рухів за результатами деформометричних спостережень встановлює загальну тенденцію горизонтальних зміщень, які домінують в Карпато-Балканському регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині. В роботі розглянуто результати комплексного аналізу процесів, які протікали в регіоні в 2013 р. Для вивчення геодинаміки регіону, проводяться комплексні спостереження за параметрами різних геофізичних полів, що впливають на швидкість протікання сейсмотектонічних процесів.

На території Закарпаття вивчення сейсмотектонічних процесів проводиться Карпатським відділенням Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та Відділом сейсмічності Карпатського регіону Інституту Геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. В 1966 році був створений Карпатський геодинамічний полігон, що охоплює територію обмежену лінією Чоп-Ужгород-Перечин-Ужок-Воловець-Міжгір'я-Хуст-Берегово-Чоп.

На території полігону діють режимні геофізичні станції, сейсмічні станції та пункти деформографічних спостережень (ПДС). За багато років досліджень накопичено величезний матеріал, проводиться робота по удосконаленню методик обробки рядів спостережень на предмет виявлення зв'язку між різними геофізичними процесами та їх впливу на геодинаміку регіону, сейсмічну активність Закарпаття [6, 7]. Було отримано важливі результати про будову земної кори та сучасні горизонтальні рухи [1-3, 9].

Варіації прискорення зміщень точок спостережень на ПДС "Королеве" перед відчутними місцевими землетрусами в 2006, 2010, 2011, 2012 та 2013 років є більшими від розраховуваної величини за декілька (7-12 днів) днів до реєстрації місцевих землетрусів. Також, виявлено залежність величини прискорення сучасних добових рухів земної поверхні в горизонтальному напрямку від епіцентральної відстані та магнітуди землетрусів. Вивченню геодинаміки регіону та геофізичних полів присвячено багато наукових досліджень [5, 8]. В них показано домінуючою роль горизонтальних тектонічних рухів в розвитку земної кори та літосфери в цілому. Рух елементарного блоку тектоносфери, що протікає під дією горизонтальних сил є суперпозицією трьох основних видів рухів – паралельного переносу цього блоку, його жорсткого повороту в напрямку руху та деформації, що характеризується двома основними компонентами: зсувом та дилатацією [4].

Результати досліджень. За результатами деформографічних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому за 2013 р виявлено розширення гірських порід зі швидкістю $+1104$ нстр/рік, яке відбувається після стиснення земної поверхні, що спостерігалось впродовж півтора року (-1000 нстр).

Зміна гідрологічного стану викликає зміну геодинамічного стану, а це в свою чергу є джерелом підвищеної сейсмічності спостережуваного регіону. Подібні гідрогеологічні ефекти мали місце перед відчутними місцевими землетрусами: 15.11.2006 р, Берегівський район; 14.12.2010 р, Хустський район; 10.08.2011 р у Берегівському районі; 02.10.2011 р у Міжгірському районі; 24.10.2012 р Хустський район; 21.12.2012 р, Рахівський район; 04.04.2013 р, Тячівський район; 03.09.2013 р у Рахівському районі. Швидкість зміщення точки спостере-

ження на ПДС "Королеве" характерна підвищеними значеннями величин швидкості добових рухів, вимірених в досліджуваному регіоні в першій половині року. Як видно із залежностей швидкості сучасних рухів на ПДС "Королеве" за 2013 р, сейсмічні події реєструються в інтервалі суттєвих варіацій розрахованих величин добових зміщень точок спостережень земної поверхні. (рис. 1).

На рис. 2. наведено розраховані значення прискорення сучасних рухів земної кори на ПДС "Королеве" за 2013 р та відповідний розподіл місцевих землетрусів. Часові інтервали сейсмічної активності співпадають з часовими інтервалами аномальних коливань величини прискорення деформацій або передують їм. Проведений аналіз залежності величини амплітуди прискорення сучасних рухів перед відчутними землетрусами показав на підвищення в декілька раз амплітуди прискорення, на відміну від прискорення рухів земної кори перед слабкими землетрусами.

У 2013 р зареєстровано 2 відчутні землетруси: 04.04.2013 р та 03.09.2013 р у Рахівському районі. На графіку (рис. 2) прослідковується залежність сили землетрусу від величини амплітуди прискорення за декілька днів до реєстрації місцевого землетрусу.

Проведено аналіз взаємозв'язків досліджуваних динамічних параметрів в місячному діапазоні, що дасть можливість отримати характеристики сучасних рухів в короткоперіодних варіаціях спостережуваних геофізичних параметрів.

При вивченні залежностей динамічних параметрів від місцевої сейсмічності, відмічено аномалію прискорення сучасних рухів. Подібні ефекти були відмічені і перед іншими відчутними сейсмічними подіями в регіоні, де період аномалій деформацій триває 2-5 днів (рис. 3а, б). Серія місцевих землетрусів в Закарпатсь-

кому внутрішньому прогині в серпні-вересні 2013 р проходить після збільшення величини динамічних параметрів сучасних рухів: від 10 до 30 нстр. Дані події мають невелику магнітуду і є невідчутними. Характерною особливістю сейсмотектонічних процесів в листопаді та грудні 2013 р є активізація сейсмічних явищ у Виноградівському районі Закарпатської обл. Дані землетруси мають чітко виражені аномалії спостережуваних динамічних характеристик.

Для розуміння динаміки вікових рухів земної кори в зоні Оашського розлому проведено дослідження деформаційних процесів за весь період спостережень з 1999 р по 2013 р (рис. 4). Величина деформацій за 2013 р дорівнює $+11.04 \cdot 10^{-7}$ і лежить в інтервалі спостережуваних середньорічних величин вікових рухів у Карпато-Балканському регіоні. Величина деформацій за весь період становить $+18097,635$ нстр, ($180 \cdot 10^{-7}$). Середньорічний віковий хід: $+12.065 \cdot 10^{-7}$.

На рис. 4. наведено результати спостережень рухів земної кори на ПДС "Королеве" за весь період спостережень з 1999 по 2013 рр та час реєстрації місцевих землетрусів. У цей проміжок часу відмічено інтервали розширення порід величиною $5-30 \cdot 10^{-7}$. У 2012 р сучасні рухи змінили знак деформації із розширення на стиснення величиною $-10 \cdot 10^{-7}$. Порівняно із минулим періодом, коли спостерігалось стиснення порід, теперішній геодинамічний стан характерний підвищеною сейсмічною активністю. Побудовано часову залежність вікового ходу за період спостережень 1999-2013 рр (рис. 5), які дають можливість з'ясувати динаміку рухів. Спостерігається подальше опускання поверхні території Оашського розлому. Частота виникнення землетрусів збільшується в інтервалах зміни знаку деформацій.

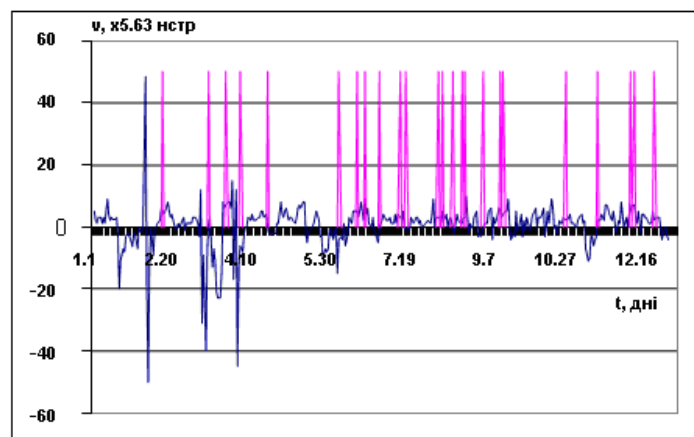


Рис. 1. Сейсмічна активність регіону та швидкість рухів земної кори на ПДС "Королеве" в 2013 р

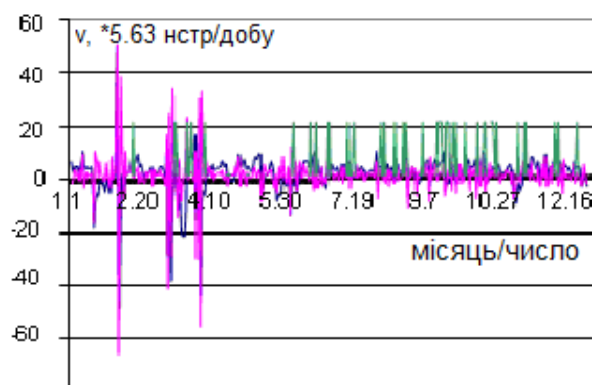


Рис. 2. Комплексний графік динамічних характеристик сучасних рухів на ПДС "Королеве" за 2013 р та час реєстрації місцевих землетрусів

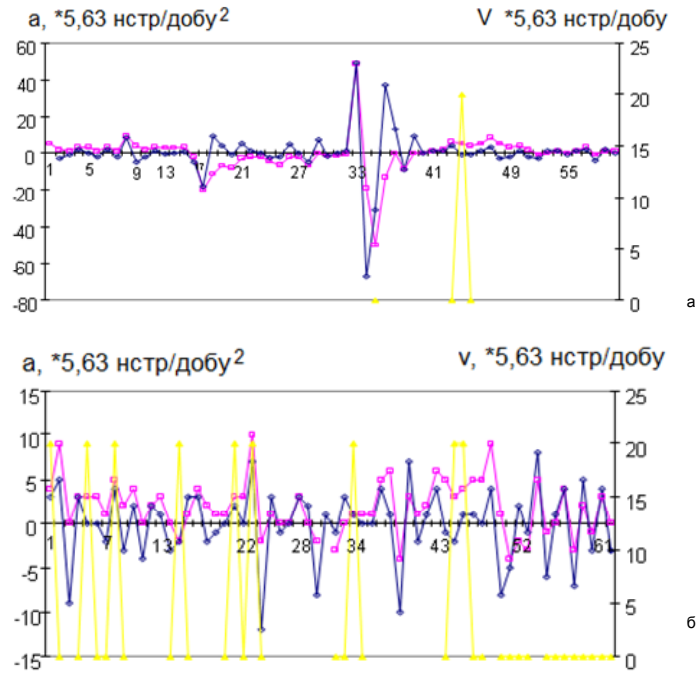


Рис. 3. Динамічні параметри геофізичного стану Карпатського регіону та місцева сейсмічність в Закарпатському внутрішньому прогині за період: а) січень-лютий 2013 р.; б) серпень-вересень 2013 р.

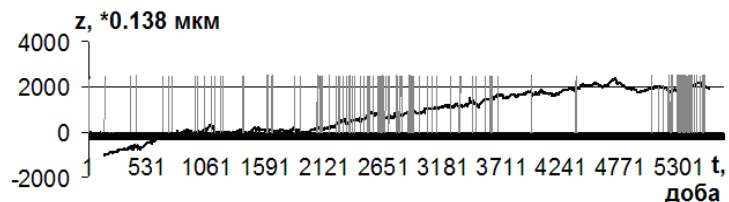


Рис. 4. Зміщення гірських порід на ПДС "Королеве" за 1999-2014 рр.

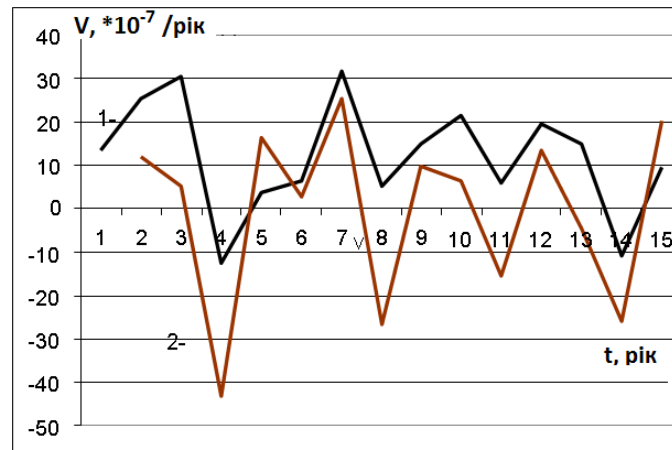


Рис. 5. Віковий хід деформацій земної кори на ПДС "Королеве" за інтервал деформометричних спостережень (1999-2013 рр.)

Висновки.

1. Геофізичні процеси, які протікають в геологічних структурах Закарпатського внутрішнього прогину, характеризуються періодичністю. В інтервалі довготривалих спостережень виділено періоди в 10 років.

2. Особливості цих періодичних процесів: наявність періодів тривалістю 2,5 років, яким характерні понижені швидкості вікових рухів (+500 нстр) та зміна знаку деформацій (розширення порід на стиснення); інтенсивні підвищення сейсмічної активності протягом наступних 8 років.

3. Спостерігаються аномальні варіації параметрів геодинамічного стану в інтервалі часу реєстрації місцевих та близьких землетрусів у 2013 та 2014 рр спостережень.

4. Відмічено підвищення сейсмічності в окремих районах Закарпатського внутрішнього прогину, зокрема, у Виноградівському регіоні за 2013-2014 рр.

Список використаних джерел

1. Вербицький Т., Ігнатишин В., Латиніна Л., Юркевич О., (1998). Сучасні деформації земної кори берегівської горстової зони. Геодинаміка, 1, 118-120.
 Verbytskyy T., Ignatyshyn V., Latynina L., Yurkebych O., (1998). Suchasni deformatsiyi zemnoyi kory beregivskoyi gorstovoyi zony. Geodynamika, 1, 118-120 (In Ukrainian).
 2. Вербицький Т., Кузнецова В., Ігнатишин В., (1998). Методика обробки і аналізу даних геофізичного моніторингу сейсмотектонічних процесів в Закарпатті та деякі його результати. Матер. міжнар. науково-техн. семінару, 14-18 вер. 1998 р., Севастополь, 103 – 111.

Verbytskyy T., Kuznetsova V., Ignatyshyn V., (1998). Metodyka obrobky i analizu danykh geofizychnogo monitoryngu seysmotektonichnykh protsesiv v Zakarpatti ta deyaki yogo rezultaty. Materialy mizhnarodnogo naukovko-tekhnicnogo seminaru, 14-18 veresnya 1998, Sevastopol, 103-111 (In Ukrainian).

3. Гутерман В.Г., Рахимова И.Ш., (1989). Восходящие и нисходящие современные движения в Карпато-Балканском регионе, степень их скомпенсированности. Сб. науч. тр., Киев: Наук. Думка, 132.

Guterman V.G., Rakhimova Y.Sh., (1989). Voskhodyaschie i nizkhodyaschie sovremennye dvizheniya v Karpato-Balkanskom regione, stepen ikh skompensirovanosti. Sb. nauch. tr., Kyiv.: Nauk. Dumka, 132 (In Russian).

4. Есиков Н.П., (1979). Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности. Новосибирск: Наука, 182 с.

Esipov N.P., (1979). Tektonofizicheskie aspekty analiza sovremennykh dvizheniy zemnoy poverkhosti. Novosibirsk: Nauka, 182 p. (In Russian)

5. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., (2012). Геофізичні та сейсмологічні дослідження в центральній частині Закарпаття. Матер. наук. конф. І-семінару: Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах. 29-30 травня 2012 р., Львів, 58-64.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2012). Geofizychni ta seysmologichni doslidzhennya v tseentralniy chastyni Zakarpattya. Materialy naukovoyi konferentsiyi-seminaru: Seysmologichni ta geofizychni doslidzhennya v seysmoaktyvnykh regionakh. 29-30 travnya 2012. Lviv, 58-64 (In Ukrainian).

6. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., (2013). Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати. Геодинаміка, 2(15), 154-156.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2012). Geofizychni sposterezheniya v Zakarpatti ta yikh rezultaty. Geodynamika, 2(15), 154-156 (In Ukrainian).

7. Ігнатишин В.В., Малицький Д.В., Коваль Ю.П., (2013). Геодинамічна модель та сейсмічний стан Закарпаття за результатами деформацийних спостережень. Геодинаміка, 2(15), 157-159.

Ignatyshyn V.V., Malysy D.V., (2013). Geodynamichna model ta seysmichnyy stan Zakarpattya za rezultaty deformatsiynykh sposterezen. Geodynamika, 2(15), 157-159 (In Ukrainian).

8. Лазаренко М.А., Мостовый С.В., Путилов В.В., Шкумбатюк Л.Н., (1989). Отражение процессов подготовки землетрясений в природных полях. Сб. науч. тр. Киев: Наук. Думка, 132.

Lazarenko M.A., Mostovyy S.V., Putilov V.V., Shkumbatyuk L.N., (1989). Otrazhenie protsesov podgotovki zemletryaseniy v prirodnykh polyakh. Sb. nauch. tr., Kiev: Nauk. dumka, 132 (In Russian).

9. Малицький Д., Ігнатишин В., Коваль Ю., (2012). Деформометричні дослідження в зоні Оашського розлому Закарпаття за результатами режимних спостережень на РГС "Тросник", "Королево" та "Берегово". Вісник Київського університету. Геологія, 59, 15-17.

Malysy D.V., Ignatyshyn V.V., Koval Yu., (2012). Deformometrychni doslidzhennya v zoni Oashskogo rozlomu Zakarpattya za rezultaty rezhymnykh sposterezen na RGS "Trosnyk", "Korolevo" ta "Beregovo". Visnyk Kyivskogo universytetu. Geologiya, 59, 15-17 (In Ukrainian).

Надійшла до редколегії 03.07.14

V. Ignatyshyn, Cand. Sci. (Phys.-Math.), E-mail: rgstrs@i.ua

Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

32, Acad. Palladin Ave., Kyiv, 03680

D. Malyskyi, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

E-mail: dmytro@cb-igph.lviv.ua

Y. Koval', Postgraduate Student

Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics

National Academy of Sciences of Ukraine

3-b, Naukova Str., Lviv, 79060 Ukraine

OASH DEEP FAULT ZONE: EARTH'S CRUST DYNAMICS

A comprehensive study of seismotectonic processes in the Carpathian region is carried out to obtain data on modern geodynamics in the region. Observing present-day movements by strain metering reveals the prevalence of horizontal displacements in the Balkan Carpathians, particularly in the trans-Carpathian inner trough.

One of the most efficient and accurate methods of indicating deformation is recording earth's surface deformation with quartz deformograph, which has sufficed considerable experimental material on the internal Carpathian Trough. Based on the monitoring data obtained from the field observation in Korolevo there were built diagrams of geophysical fields and seismicity in the region. The variations of slow deformations in the earth's crust are considered to be related to local seismic events.

The paper presents a comparative analysis of the data on earth's crust movement that occurred in the region during 1999-2013 and those obtained from the previous studies. The data on the strain processes recorded in the region result from both tectonic processes in the earth's crust and meteorologic conditions (precipitations, water level in rivers, etc). Strain metering in the Oash deep fault zone during 2013 reveals rock expansion (the velocity value making +1104), which results from the earth's surface compression recorded for 1.5 years. Local seismic data show an anomalous acceleration of earth's crust movements, which is indicative of discernable seismic events in the region. The practical value of the work carried lies in determining the magnitude of strain in 2013, which makes +11.04 10⁷, and is within the range of average annual values of the movements recorded in the Balkan Carpathians. Rock expansion is concluded to be a prevailing deformation. The value of strain during observation is 18097.635 nstr (180 10⁻⁷), and the average annual age progress makes +12.065 10⁷.

Key words: Carpathian region, seismotectonic processes, contemporary movements, geodynamic situation, strain-metering observations, Transcarpathian inner trough.

V. Ignatyshyn, канд. физ.-мат. наук, млад. науч. сотрудник, rgstrs@i.ua

Институт геофизики им.С.И. Субботина НАН Украины,

пр. Палладина 32, г. Киев, Украина 03680,

Д. Малицкий, д-р физ.-мат. наук, проф., dmytro@cb-igph.lviv.ua

Ю. Коваль, асп.

Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, г. Львов, Украина, 79060

ДИНАМИКА СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗОНЕ ОАШСЬКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА

Комплексное изучение сейсмотектонических процессов в Карпатском регионе проводится с целью получения параметров современного геодинамического состояния в регионе. Исследования современных движений по результатам деформометрических наблюдений устанавливает общую тенденцию горизонтальных смещений, которые доминируют в Карпато-Балканском регионе, в частности в Закарпатском внутреннем прогибе.

Одним из наиболее эффективных и точных методов их определения является регистрация деформации земной поверхности с помощью кварцевого деформографа. За период регистрации деформационных процессов в зоне Закарпатского внутреннего прогиба накоплен значительный экспериментальный материал. По результатам мониторинговых исследований на пункте деформографических наблюдений "Королево" построены зависимости различных геофизических полей от сейсмичности региона. Рассмотрена связь вариаций медленных деформаций земной коры с местными сейсмическими событиями. В работе рассмотрены результаты комплексного анализа процессов, которые протекали в регионе в 2013 году и их связь с данными предыдущих исследований.

В данной работе представлены результаты наблюдений движений земной коры на ПДС "Королево" за период наблюдений с 1999 по 2013 гг. Также можно выделить периодичность движений с периодом в 10 лет.

Для исследуемого региона зарегистрированы деформации являются результатом тектонофизических процессов в земной коре, влияния метеорологических факторов (количества осадков, уровня воды в реках и других). По результатам деформографических наблюдений в зоне Оашского глубинного разлома 2013 г отмечено расширение горных пород со скоростью +1104 НСТР, которое происходит после сжатия земной поверхности, которое наблюдалось на протяжении полутора лет. При изучении зависимостей динамических параметров от временного распределения местной сейсмичности, отмечено аномалию ускорения современных движений. Подобные эффекты были отмечены и перед другими ощутимыми сейсмическими событиями в регионе.

Практическое значение работы заключается в определении величина деформаций за 2013 г, которая равна +11.04 10⁷, и находится в интервале наблюдаемых среднегодовых величин вековых движений в Карпато-Балканском регионе. Установлено, что характер деформаций горных пород является расширение. Величина деформаций за весь период наблюдений составляет +18097,635 нстр (180 10⁻⁷) и среднегодовой вековой ход ровный +12.065 10⁷.

Ключевые слова: Карпатский регион, сейсмотектонические процессы, современные движения, геодинамическое состояние, деформометрические наблюдения, Закарпатский внутренний прогиб.