

УДК 911.5

Ігнатишин В.В.,  
кандидат фізико-математичних 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*

## **ЗВ'ЯЗОК ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО ТА ГЕОДИНАМІЧНОГО СТАНІВ ЗАКАРПАТСЬКОГО ВНУТРІШНЬОГО ПРОГИНУ**

У статті приділено увагу дослідженню екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. Крім явищ гідрологічного характеру, також викликають занепокоєння сейсмотектонічні процеси в регіоні: вони безпосередньо пов'язані з гідрологічними аномаліями та періодично про себе нагадують через серію відчутних місцевих землетрусів. Проведено дослідження гідрологічного стану регіону на предмет виявлення зв'язку варіацій параметрів метеорологічного та гідрологічного стану довкілля зі сейсмотектонічними процесами в регіоні за 2014–2016 роки.

**Ключові слова:** екологічний стан, сейсмотектонічні процеси, землетруси, сучасні рухи земної кори, деформації, гідрологічний стан, геодинамічний стан, свердловини.

В статье уделяется внимание исследованию экологического состояния Закарпатского внутреннего прогиба. Кроме явлений гидрологического характера, также вызывают беспокойство сейсмотектонические процессы в регионе: они непосредственно связаны с гидрологическими аномалиями и периодически напоминают через серию ощутимых местных землетрясений. Проведено исследование гидрологического состояния региона на предмет выявления связи вариаций параметров метеорологического и гидрологического состояния окружающей среды с сейсмотектоническими процессами в регионе за 2014–2016 годы.

**Ключевые слова:** экологическое состояние, сейсмотектонические процессы, землетрясения, современные движения земной коры, деформации, гидрологическое состояние, геодинамическое состояние, скважины.

### **Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn M.B., Ihnatyshyn A.V. THE RELATIONSHIP OF HYDROGEOLOGICAL AND GEODYNAMIC STATES OF THE TRANSKARPATHY INFRASTRUCTURE**

In this article attention is paid to the study of the ecological state of Transcarpathian inner deflection. In addition to the hydrological phenomena of nature, seismotectonic processes in the region are also a cause of concern: they are directly associated with hydrological anomalies and periodically remind about yourself through a series of strong local earthquakes. A study of the hydrogeological condition of the region to detect variation of meteorological parameters, and hydrogeological state of environment with seismotectonic processes in the region for 2014-2016.

**Key words:** ecological status, seismo-tectonic processes, earthquakes, contemporary movements of the crust, deformation, hydrogeological condition, geodynamic as well.

**Постановка проблеми.** Закарпаття – регіон, де реєструються місцеві землетруси. Останній період сейсмічність регіону відмічена збільшенням кількості зареєстрованих місцевих землетрусів. Сейсмічність регіону супроводжується змінами параметрів його

геодинамічного стану. Сучасні рухи земної кори в Закарпатському внутрішньому прогині, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому, зв'язані зі змінами параметрів гідрологічного стану. Аномальні геологічні процеси, що проявляються в регіоні, супроводжуються



варіаціями параметрів спостережуваних геофізичних полів. Досліджено зміни величини прискорення сучасних рухів та рівнів води в свердловинах – підвищені величини прискорення сучасних рухів передують місцевим землетрусам. Інтенсивні атмосферні опади викликають підняття рівня води в свердловинах (глибинами 530 м та 8 м на території режимної геофізичної станції «Тросник» Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України) та річці Тисі. Реєструються швидкі горизонтальні рухи верхніх шарів земної кори, які через деякий період супроводжуються підвищеною місцевою сейсмічністю. Розширення порід викликало спад рівня води в свердловинах. Варіації рівня води в свердловинах можна використовувати як індикатор підготовки екологічно небезпечних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Екологічний стан Закарпаття визначається комплексною дією різних чинників: гідрологічних, кліматичних, геологічних та антропогенних. Загрозу створюють гідрологічні та геофізичні фактори. Останні періоди відмічені проявами підвищеної сейсмічної активності регіону, а також кількістю зареєстрованих відчутних землетрусів.

На території Закарпаття тектонічні рухи у вигляді зсувів та землетрусів також створюють безпосередню загрозу населенню, хоча відбуваються рідко. Дослідження параметрів геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину проводяться з другої половини минулого сторіччя. Відділ сейсмічності Карпатського регіону та Карпатське Відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України проводять геофізичний моніторинг регіону. Інформацію про сейсмічність регіону отримують із сітки режимних геофізичних станцій, на яких змонтовані сучасні цифрові сейсмометри; характер сучасних горизонтальних рухів досліджується на деформографічних станціях «Королево» (зона Оашського глибинного розлому), «Берегово-2» (Берегівське горбогір'я), на яких змонтовано кварцові деформографи різної бази. В результаті досліджень отримані важливі результати, що дають нам відомості про будову земної кори та стан сейсмотекто-

нічних процесів в регіоні [1-5]. Результати, отримані під час дослідження певних екологічних проблем, важливі для узагальнення та систематизації проблем охорони довкілля та раціонального природокористування.

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження небезпечних геологічних явищ в регіоні шляхом моніторингу гідрогеологічних та сейсмотектонічних процесів.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- дослідити екологічний стан регіону;
- проаналізувати варіації параметрів гідрогеологічного стану регіону;
- дослідити сейсмічний стан регіону;
- встановити зв'язок між гідрогеологічними параметрами та сейсмонезбезпечними процесами.

*Об'єктом дослідження* є екологічно небезпечні процеси в регіоні.

*Предметом дослідження* є параметри гідрогеологічного стану регіону: рівень води в свердловинах, рівень води в річці Тисі та метеорологічні параметри (атмосферні опади) та їхній вплив на розвиток геологічних процесів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На Режимній геофізичній станції «Тросник» Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України проводяться вимірювання рівня води в свердловинах № 831 глибиною 530 м та іншій – глибиною 6 м. Аналіз результатів вимірювань, проведених в минулі роки, вказав на взаємозв'язок параметрів гідрологічного та геодинамічного станів. Атмосферні опади викликають підняття рівня води в свердловинах та на річці Тисі. Зміна параметрів гідрологічного стану викликає динамічні складові в сучасних рухах земної кори. А це може при певних фізичних умовах викликати зміни в геомеханічній системі земної кори. Результатом таких змін може бути сейсмічна розрядка регіону. Для розуміння процесів, які проходять в геологічних структурах регіону, необхідно дослідити варіацію параметрів гідрогеологічного стану регіону, сейсмічності та сучасних рухів у верхніх шарах земної кори. Було проведено вимірювання рівня води в свердловині, як результат комплексної дії геофізичних та метеорологічних чинників. Охарактеризовано варі-

ації рівня води в свердловинах на РГС «Тросник» в місячних діапазонах 2012-2016 рр. Розглянуто зв'язок коливань рівня води в свердловинах та місцевої сейсмічності. Сейсмічність проходить на фоні розширення порід, падіння рівня води в неглибокій свердловині. Результати вимірювань параметрів метеорологічного стану та аналіз результатів геодинамічних і сейсмічних процесів в зоні Оашського глибинного розлому за минулі роки приводить до висновків:

- атмосферні опади в регіоні викликають підняття рівня води в річці Тисі;
- відмічено підвищення рівня води в свердловині глибиною 6 м;
- сучасні горизонтальні рухи земної кори в період підвищення кількості опадів зазнають стиснення в першій половині року; відсутність опадів призвело до зменшення рівня води в річках, у той же час на перетині графіків сучасних рухів та рівня води в Тисі відбуваються місцеві землетруси;
- глибока свердловина слабо реагує на зміну гідрологічного та метеорологічного стану регіону;
- виділено гідрологічну складову сейсмічності регіону.

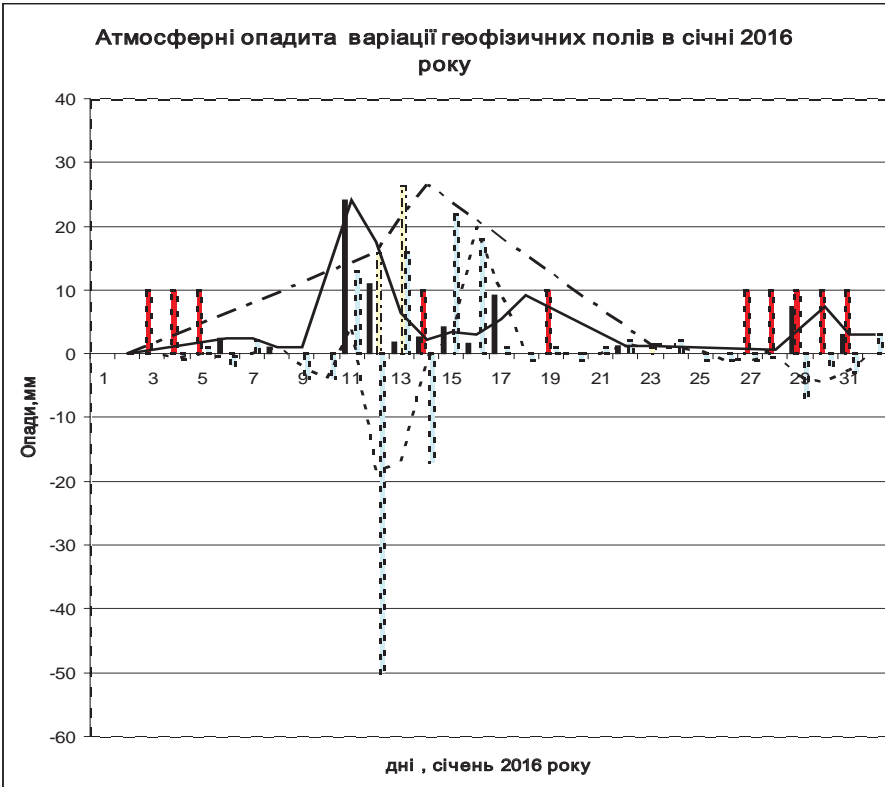
Зв'язок сейсмічностей регіону Вранча та Закарпаття було відмічено в дослідженнях просторово-часового розподілу сейсмічності Карпато-Балканського регіону. Відомо про метеорологічні фактори впливу на сейсмічність регіону. Дослідження цих процесів

відкривають щоразу нові особливості геомеханічних явищ. Геодинамічний стан регіону визначає сейсмічність та його прояви. Тобто, рухи кори як вертикальні, так і горизонтальні приводять до зміни структури середовища, відповідно змінюються параметри геофізичних полів. Вивчення сучасних рухів вимагає застосування дорогих пристроїв, та спеціально облаштованих лабораторій. В той же час відмічено зв'язок рівня води в свердловинах із рухами кори, необхідно удосконалити методику спостереження та точність вимірювання. Різні свердловини по-різному реагують на зміни характеру рухів кори. Неглибокі свердловини більш контрастно реагують на рухи кори: розширення та стиснення. Відповідно, розширення породи викликає спад рівня води в свердловині та навпаки: стиснення – підняття рівня води в свердловині. Глибока свердловина реагує на рухи порід у річному діапазоні. Відмічено рухи висоти рівня води в свердловинах у різних напрямках. Тому актуальною задачею гідрогеологічних спостережень є вивчення залежності рівня води в свердловинах від різних метеорологічних факторів.

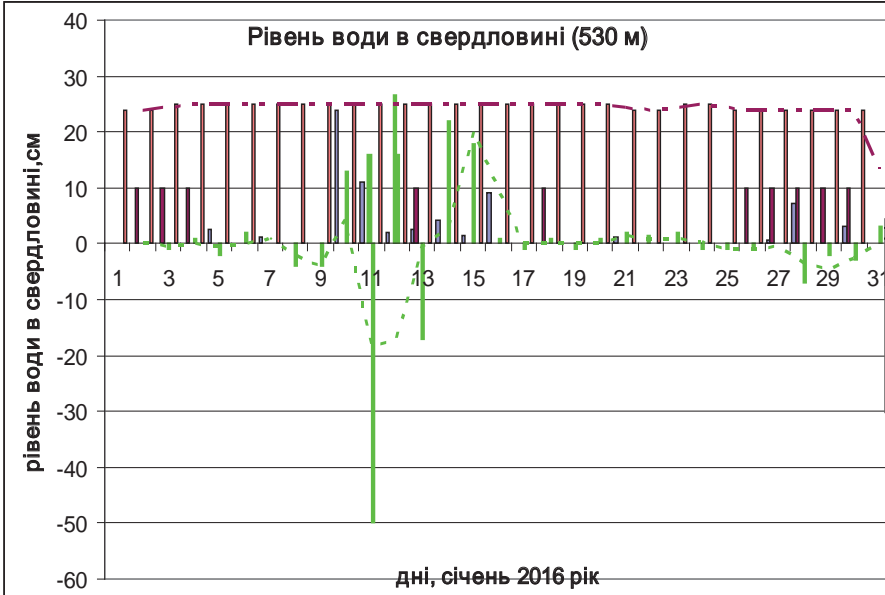
Вплив гідрологічних факторів на сейсмотектонічні процеси в регіоні досліджують недавно. В Закарпатті геодинамічний стан досліджують спеціалісти відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та Карпатського відділення ІГФ НАН України. Проте вже тепер отримано важливі результати, які дають змогу отримати



Рис. 1. Рівень води в свердловині глибиною 530 м. РГС «Тросник», січень 2016 року



**Рис. 2. Моніторинг гідрогеологічних та метеорологічних факторів в зоні Оашського глибинного розлому за січень 2016 року: атмосферні опади (суцільна лінія); рівень води в річці Тисі (штрих-пунктирна лінія); прискорення сучасних горизонтальних рухів (пунктирна лінія); сейсмічність регіону (штрих-лінія)**



**Рис. 3. Зв'язок рівня води в глибокій свердловині (штрих-пунктирна лінія) (глибиною 530 м) із рівнями води в річці Тисі (діаграма чорного кольору), сучасними рухами (штрих-лінія зеленого кольору) та місцевою сейсмічністю в січні 2016 року (діаграма червоного кольору)**

картину підготовки та протікання важливих геологічних процесів-землетрусів. Багаторічні дослідження встановили гідрологічні впливи на розрядку напружено деформованого стану порід. Підняття води в річках басейну Закарпаття, викликане інтенсивними атмосферними опадами, порушує геомеханічну рівновагу та може спровокувати місцевий землетрус. Ці факти підтвердилися в 2006 році, 2011 році, 2012–2014 рр., коли було зареєстровано відчутні місцеві землетруси.

Деформаційні процеси в регіоні характерні розширенням порід величиною  $+5 \times 10^{-7}$ . Сейсмічність в 2016 році становила 140 місцевих землетруси. Оскільки гідрогеологічний фактор є основний фактор впливу на місцеву сейсмічність, то необхідно дослідити рівень води в доступних свердловинах. Проведено вивчення залежності рівня води в свердловинах глибинами 530 м та 8 м та місцевою сейсмічністю, параметрами кінематичних характеристик сучасних рухів кори.

**Січень 2016 року.** Розглянуто варіацію рівня води в свердловині № 831 (глибина 530 м) (рис. 1).

Рівень води в свердловині глибиною 530 м корелюється з віковим ходом сучасних горизонтальних рухів у Закарпатському внутрішньому прогині.

Проаналізувавши варіацію рівня вод в свердловині (глибина 530 м), відмічено: рівень води в глибокій свердловині слабо реагує на геофізичні процеси. Існує зв'язок варіацій

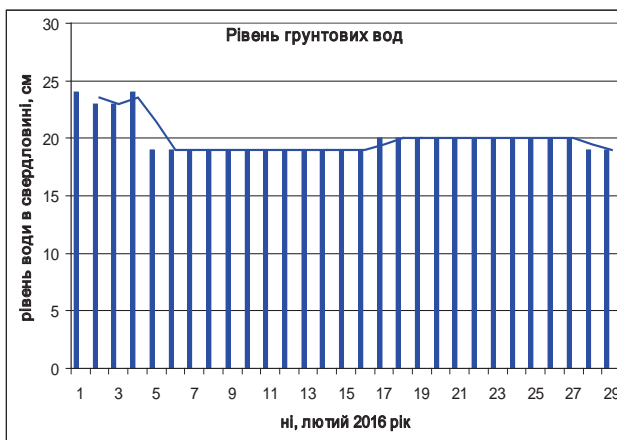
параметрів метеорологічного стану та гідрологічного стану зі сеймотектонічними процесами в регіоні (рис. 2).

Метеорологічні параметри впливають на гідрологічний стан регіону, відбувається порушення гідромеханічної рівноваги, виникають швидкі рухи верхніх шарів земної кори. Аномалії прискорень сучасних рухів передують сейсмічності регіону. Розглянуто вплив атмосферних опадів на рівень води в свердловині глибиною 530 м (рис. 3).

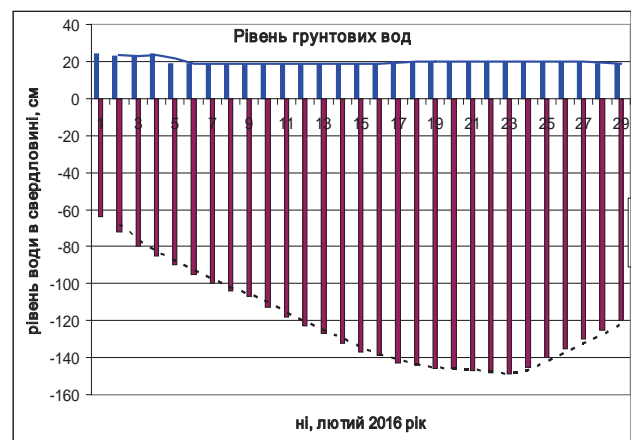
Сейсмічність регіону в цей період припадає на низький рівень води в свердловинах, що визначає процес розширення порід в регіоні.

Розглянуто варіацію рівня води в свердловині № 530 м в лютому 2016 року (рисунок 4а) та зміщення точки спостереження на ПДС «Королево» (рисунок 4б).

В лютому місяці 2016 році спостерігали стиснення порід, а в другій половині місяця почалося розширення порід. Рівень води в глибокій свердловині відповідно піднявся, а надалі спадав. Проведено аналіз зв'язку рівня води в глибокій свердловині режимної геофізичної станції «Тросник» (530 м) із кінематичними характеристиками геомеханічних процесів у зоні Оашського глибинного розлому за весь 2016 рік. У статті представлено результати досліджень за перші місяці 2016 року. Досліджено кінематичні характеристики сучасних рухів та їх зв'язок із варіаціями рівня води в свердловині глибиною 530 м за лютий 2016 року (рис. 5).



а)



б)

**Рис. 4. а) Рівень води в свердловині глибиною 530 м в лютому 2016 року. Виноградівський район, с. Тросник; б) рівень води (суцільна лінія) в свердловині глибиною 530 м в лютому 2016 року та рухи кори (пунктирна лінія) в зоні Оашського розлому**



Зміни рівня води в свердловині глибиною 530 м відповідає підвищенням амплітудам коливання прискорення рухів кори. Рухи земної кори в період зміни знаку сучасних рухів характерні прискореннями з аномальними значеннями. Розглянуто зміни рівня в свердловині глибиною 530 м на РГС «Тросник» в березні 2016 року та варіацію сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому на ПДС «Королево». Рухи верхніх шарів земної кори в регіоні – це розширення порід (рис. 6).

Рівень ґрунтових вод у глибокій свердловині від опадів та рухів земної кори суттєво не зале-

жить. Проведено аналіз зв'язку гідрогеологічних параметрів, метеорологічних параметрів із проявами екологічно небезпечних геологічних процесів в регіоні за квітень 2016 року. Зміна рівня води в свердловині корелюється з коливаннями зміщень точки спостережень в штольні ПДС «Королево». Інтервали підвищених значень кінематичних характеристик сучасних горизонтальних рухів супроводжуються змінами рівня води в свердловині та активізацією сейсмічності в регіоні (рис. 7).

Аналіз отриманих залежностей за січень-квітень 2016 року приводять до виснов-

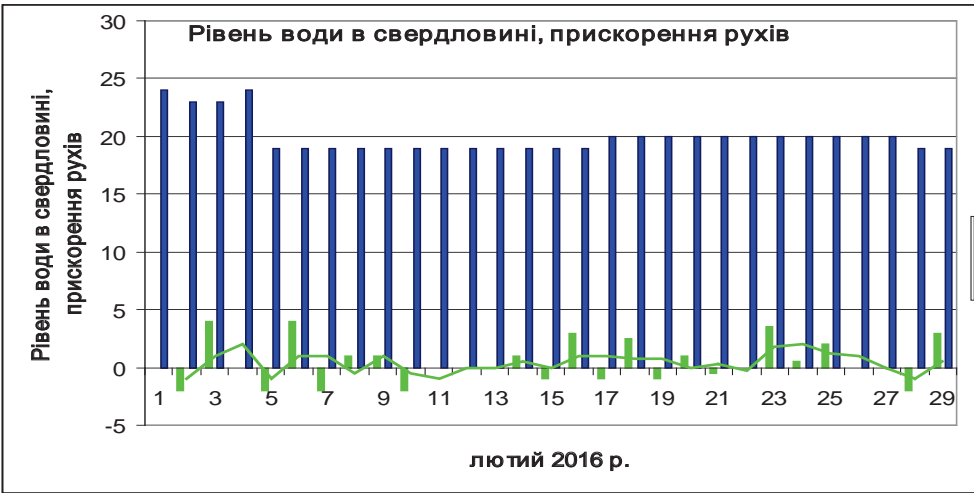


Рис. 5. Рівень води в свердловині за лютий 2016 році на РГС «Тросник» (діаграма синього кольору). Прискорення рухів земної кори в лютому 2016 року (суцільна лінія зеленого кольору) 530 м в лютому 2016 року та рухи кори (пунктирна лінія) в зоні Оашського розлому

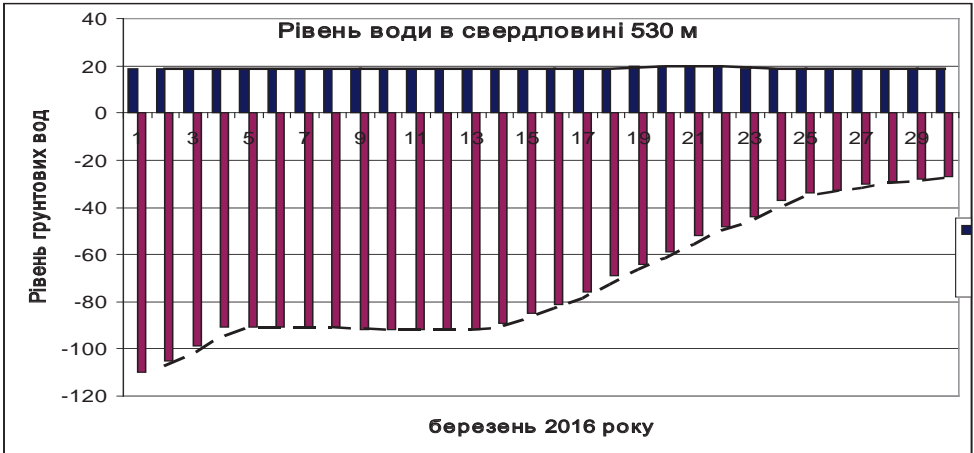
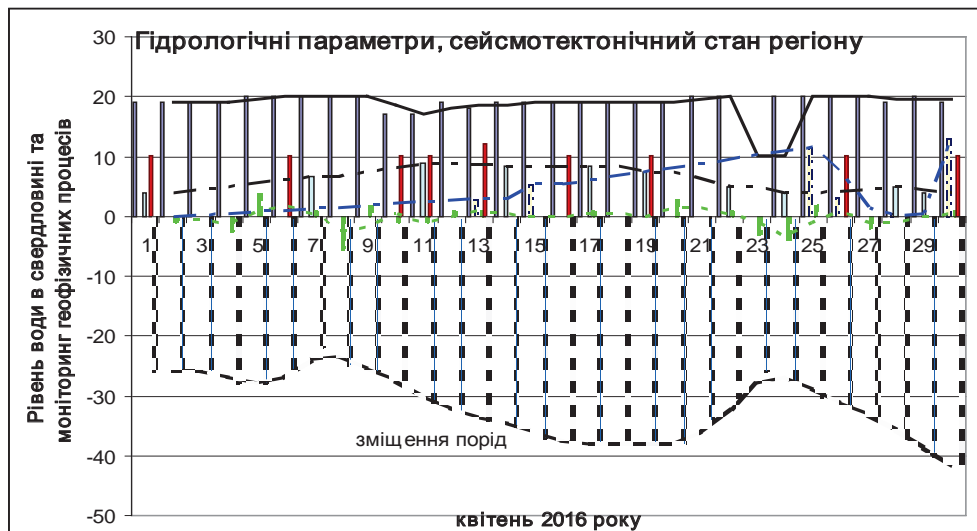


Рис. 6. Рівень в свердловині (суцільна лінія) глибиною 530 м на РГС «Тросник» в березні 2016 року та рухи кори в зоні Оашського розлому (штрих лінія)





**Рис. 7.** Зміщення гірських порід на ПДС «Королево» (лінія сірого кольору), прискорення сучасних горизонтальних рухів (діаграма зеленого кольору) та рівень води в свердловині в квітні 2016 року (діаграма чорного кольору), Закарпатський внутрішній прогин; сейсмічність (діаграма червоного кольору), параметри гідрологічного стану середовища: рівень води в річці Тисі (штрих-пунктирна лінія синього кольору), атмосферні опади (штрих-пунктирна лінія чорного кольору)

ків: зміщення порід корелюється з рівнем води в свердловині глибиною 530 м. Атмосферні опади в регіоні викликають підвищення рівня води в річках Закарпатського внутрішнього прогину, відповідно реєструються аномалії у варіаціях рівня води в свердловинах. Гідрогеологічні аномалії супроводжуються інтервалами підвищених значень кінематичних характеристик. Сейсмічність регіону припадає на періоди, коли проходять процеси стиснення порід, що викликало підняття рівня води в свердловинах.

**Висновки з проведеного дослідження.** З наведеного вище можна зробити наступні висновки:

- сучасні рухи земної кори, виміряні на Пункті деформографічних спостережень «Королево» в зоні Оашського глибинного розлому за 2016 рік, представляють собою розширення порід величиною  $+3.8 \times 10^{-7}$  (+380 нстр);
- інтенсивне розширення порід припадає на період понижених рівнів води в річці Тисі, рівень води в свердловині відповідно падає;
- рівень води в глибокій свердловині (глибина 530 м) реагує на рівень води в річці Тисі;
- рівень води в свердловинах та річках зв'язаний із геодинамікою регіону та сейсмічною активністю в регіоні;

– землетруси місцевого значення відбуваються після реєстрації гідрологічних аномалій в регіоні.

Таким чином, свердловини можна використати як індикатор напружено-деформованого стану порід. Досліджуючи варіації рівнів води в свердловині, ми отримуємо інформацію про сейсмотектонічний стан регіону.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ігнатишин В. Геофізичні та сейсмологічні дослідження в центральній частині Закарпаття. (За результатами режимних спостережень на РГС «Тросник», ПДС «Королево», РГС «Берегове») / В. Ігнатишин, Д. Малицький // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: матеріали наукової конференції-семінару, присвяченої 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького (29-30 травня 2012 р). – С. 58–64.
2. Ігнатишин В.В. Геофізичні спостереження в Закарпатті та їх результати / В.В. Ігнатишин, Д.В. Малицький // Геодинаміка. – № 2(15). – 2013. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – С. 154–156.
3. Ігнатишин В.В. Геодинамічні процеси та просторово-часовий розподіл сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину / В.В. Ігнатишин, Д.В. Малицький, Ю.Т. Вербицький / Сейсмотектонічні та геофізичні спостереження в сейсмоактивних



регіонах: матеріали наукової конференції-семінару присвяченої пам'яті Т.З.Вербицького (3–5 червня 2014 р.) – Львів: В-во «СПОЛОМ», 2014. – С. 63–70.

4. Ігнатишин В.В. Динаміка сучасних рухів земної кори та сеймотектонічний стан зони Оашського глибинного розлому / В.В. Ігнатишин, Д.В. Малицький, М.Б. Ігнатишин // Сеймотектонічні та геофізичні спостереження в сейсмоактивних регіонах: матеріали наукової конференції-семінару, присвяченої пам'яті Т.З.Вербицького (3–5 червня 2014 р.) – Львів: В-во «СПОЛОМ», 2014. – С. 56–62.

5. Ігнатишин В.В. Геодинамічний та сейсмічний стани Карпатського регіону / В.В. Ігнатишин, В.В. Ігнатишин (мол.) // Міжнародна наукова конференція. Астрономічна школа молодих вчених Україна, Київ (26–27 травня 2016 р.). Програма і тези доповідей. – С. 49–50.