

ГІДРОГЕОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗАКАРПАТТЯ ЗА 2020 РІК

Ігнатишин В.В.^{1,2}, Малицький Д.В.³, Іжак Т.Й.², Вербицький С.Т.¹,
Ігнатишин А.В.¹, Ігнатишин М.Б.¹

¹Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України
вул. Ярославенка, 27, 79011, м. Львів
rgstrs1962@i.ua, sergever@gmail.com, Adalbert_Ihnatisin@i.ua, sitkomonika@i.ua;

²Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ
пл. Кошута, 6, 90202, м. Берегове, Закарпатська область
izsak.tibor@kmf.org.ua;

³Закарпатське відділення Інституту геофізики імені С.І. Субботіна
Національної академії наук України
вул. Наукова, 3-Б, 79060, м. Львів
dmalytsky@gmail.com

Деформометричні спостереження в зоні Оашського глибинного розлому та Берегівського горбогір'я відмітили характер сучасних горизонтальних рухів кори – розширення кори зі швидкостями, що збігаються з рухами кори в Карпато-Балканському регіоні. Виявлено період знакозмінних рухів, які супроводжуються підвищенням сейсмічної активності регіону. Вивчення сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині важливе, оскільки територія є сейсмогенуючою: тут періодично відбуваються місцеві землетруси. Більшість землетрусів мають малу енергію, проте реєструються і відчутні місцеві землетруси. Важливо знати геодинаміку регіону в різних його частинах, проте деформометричними спостереженнями охоплені тільки Берегівське горбогір'я та зона Оашського глибинного розлому. Стиснення порід у регіоні супроводжується підняттям рівня води у свердловині глибиною 530 метрів, розрядкою геомеханічної енергії. Аналіз результатів гідрогеологічного стану в регіоні та сейсмічності у 2020 році: зазначено кореляцію кривих варіацій спостережуваних параметрів. Зростання рівня води супроводжується інтенсифікацією місцевої сейсмічної активності. Відмічено кореляцію вікових ходів сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та варіацій рівня води у свердловині глибиною 530 метрів, на відміну від варіацій рівня води в неглибокій свердловині глибиною 8 метрів на території режимної геофізичної станції «Тросник» Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України, яка реагує на інші типи рухів кори, зокрема сезонні. Актуальність проведення систематичних спостережень рівня води в цих свердловинах пов'язана з тим фактом, що варіації рівня води у свердловинах можна використати під час вивчення геодинамічного стану в місцевостях із наявними свердловинами. *Ключові слова:* гідрогеологічний стан, сейсмічний стан, землетруси, Закарпатський внутрішній прогин, зона Оашського глибинного розлому, рухи кори, рівень води у свердловинах.

Hydrogeological aspect of Transcarpathia's ecological state in 2020. Ihnatyshyn V., Malytskyi D., Ihnatyshyn A., Izsák T., Ihnatyshyn M., Verbytskyi S.

Deformation monitoring observations in the Oaş deep-seated fault area and Berehove Hills revealed the character of modern lateral movements of the Earth's crust with speeds that correspond to the movements of the Earth's crust in the Carpathian-Balkan region. The period of alternating movements accompanied by increased seismic activity in the region has been determined. The study of seismotectonic processes in the Transcarpathian Inner Trough is significant since the territory is seismogenic: local earthquakes are regular here. The majority of earthquakes are low-energy ones, however perceptible local earthquakes are also registered. It is of great significance to know the region's geodynamics in its various parts; however, deformation monitoring observations cover only Berehove Hills and the Oaş deep-seated fault. Rock compression in the region is accompanied by increased water level in a 530 m deep well and geomechanic energy discharge. Analysis of results of the region's hydrogeological state seismicity in 2020: the correlation of variation curves of the observed parameters has been determined. Increased water level is accompanied by intensification of local seismic activity. The authors revealed the correlation of secular variations of modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area and variations of water level in a 530 m deep well, unlike the variations of water level in a shallow 8 m deep well on the territory of monitoring geophysical station "Trosnyk" of the Seismicity Department of the Carpathian region of S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine that reacts to other types of movements of the Earth's crust, seasonal ones in particular. The topicality of conducting systematic observations of water level in these wells is related to the fact that variations of water level in wells can be used to study the geodynamic state in the localities with available wells. *Key words:* hydrogeological state, seismic state, earthquakes, Transcarpathian Inner Trough, Oaş deep-seated fault, movements of Earth's crust, water level in wells.

Постановка проблеми. На території Закарпатського внутрішнього прогину діють низка геофізичних та сейсмологічних пунктів спостережень Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, на яких у безперервному режимі проводиться

моніторинг геофізичних полів, геодинамічного та сейсмічного станів. Деформометричні спостереження в зоні Оашського глибинного розлому та Берегівського горбогір'я відмітили характер сучасних горизонтальних рухів кори – розширення кори зі швидкостями, що збігаються з рухами кори в Карпато-Балканському регіоні. Також виявлено період знакозмінних рухів, які супроводжуються підвищенням сейсмічної активності регіону. Тому необхідно мати інформацію про стан рухів верхніх шарів земної кори і на інших ділянках Закарпатського внутрішнього прогину. Цю інформацію можна отримати завдяки вивченню варіацій параметрів метеорологічного та гідрогеологічного станів.

Актуальність дослідження. Вивчення сейсмо-тектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині важливе, оскільки територія є сейсмогенеруючою: тут періодично відбуваються місцеві землетруси. Більшість землетрусів мають малу енергію, проте реєструються і відчутні місцеві землетруси, періодичність яких коливається в межах 1–3 років. Важливість вивчення геодинамічних процесів у регіоні полягає в тому, що останнім часом відчутних місцевих землетрусів реєструється менше, що свідчить про акумуляцію енергії напружено-деформованого стану порід. Важливо знати геодинаміку регіону в різних його частинах, проте деформометричними спостереженнями охоплені тільки Берегівське горбогір'я та зона Оашського глибинного розлому. Частина Закарпаття, яким властиві сейсмічні прояви, не охоплені дослідженнями рухів кори, тому вивчення зв'язку рухів кори з варіаціями геофізичних полів розширить спектр методів вивчення геомеханічних рухів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Питання дослідження екологічно небезпечних явищ, пов'язаних з аномальними гідрологічними процесами, висвітлено в багатьох наукових працях, зокрема й пов'язаних із катастрофічними повеннями, що відбувалися на теренах Закарпаття в останні десятиліття. Проте є ще один напрям досліджень, орієнтованих на вивчення екологічного стану регіону, – дослідження геологічних процесів, що супроводжують наведені вище процеси і також можуть зробити суттєвий внесок у погіршення екологічного стану регіону. Ідеться про сейсмологічні явища та явища, пов'язані з геодинамічним станом досліджуваного регіону. Усі вони в сукупності проливають світло на процеси, що протікають у таких місцях, з метою їх дослідження та побудови моделі геологічних процесів, можливості майбутнього їх прогнозування, покращення екологічного стану регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед дієвих механізмів зняття негативних наслідків урбанізації необхідно вказати на раціональне використання природних ресурсів, особливо відновлюваних на основі інтенсивних і ефективних технологій, своє-

часне виявлення і прогнозування глобальних (зовнішніх) і регіональних (внутрішніх) екологічних загроз на базі наукових досліджень в екологічній сфері, які покликані забезпечити декомпенсуючу протидію наслідкам екологічних загроз [1]. Запропоновано новий метод визначення місця розташування штучних гідрогеологічних вікон у покрівлі та підшві водоносного горизонту через використання факторного аналізу хімічного складу підземних вод водоносного горизонту, що є важливим під час визначення джерел забруднення водоносних горизонтів; пропонується використання цього методу в районах розташування старих родовищ нафтових, газових та нафтогазоконденсатних родовищ [2].

Побудовано графіки залежності між геоакустикою і деформаціями, магнітудою й енергетичним класом, а також наведено гістограму сейсмічної активності Закарпатського регіону за період 2002–2016 рр., підтверджено залежність магнітуди від енергетичного класу, підтверджено взаємозв'язок між геоакустичними і деформаційними даними, що необхідно для виявлення впливу сейсмічності на зміну інших параметрів середовища, зокрема температури, характеристик вогнищ землетрусів, важливо для побудови діючої моделі сейсмічності Закарпатського регіону [3]. Проведено теоретичне визначення та моделювання критичних значень напружено-деформованого стану ґрунтового масиву під впливом навантажень, що дозволяє передбачити характер впливу механічних процесів на екологогеофізичний стан навколишнього середовища та дослідити стійкість інженерних споруд; досліджено напружено-деформаційні процеси гірського масиву, які викликають надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру [4]. Метод радарної інтерферометрії дозволяє здійснювати моніторинг зміщень земної поверхні для оцінки динаміки розвитку зсувів у межах зсувонебезпечних територій, у поєднанні з даними літолого-стратиграфічних, геоморфологічних і структурно-тектонічних досліджень дає надійні результати, необхідні для прогнозування розвитку цих процесів і зменшення їхнього негативного впливу на природно-техногенні системи [5]. Аналіз за останні десятиріччя показав, що температура вийшла на основну позицію за впливом на режим ґрунтових вод, що пояснює прояви порушень циклічності в режимі ґрунтових вод, які можуть відбуватися під впливом потепління клімату; вплив антропогенних чинників на підвищення температури, що є важливим під час пошуків закономірних періодичностей у змінах показників гідрогеологічного режиму і балансу на теренах інших водозбірних басейнів [6]. Запропоновано використання методу інверсії хвильових форм для визначення механізмів вогнищ для подій, які відбуваються в регіонах із малою сейсмічністю, за даними обмеженої кількості сейсмічних станцій. Отриманий результат може бути використаний для вивчення, дослідження й ідентифікації відносно слабких

сейсмічних подій на основі даних малої кількості станцій [7]. Аналіз часових рядів абсолютних річних мінімумів стоку води для всієї сукупності річок у межах басейнів та суббасейнів України показав наявність періодичності, що являє собою послідовну зміну в часі досліджуваної стокової характеристики з відносно великими та малими їхніми значеннями, зокрема, у сучасний період спостерігається спадна тенденція [8]. Для оцінювання потенційної небезпеки від сейсмічних коливань ґрунту під час землетрусів необхідно використовувати максимальну кількість розрахункових параметрів, якими характеризують сейсмічну небезпеку конкретних ділянок та які застосовують для визначення сейсмостійкості будинків і споруд: розрахунковими акселерограмами, сейсмограмами та велосиграмами [9]. Показано, що за результатами дослідження на 34 метеостанціях України за період 1991–2020 рр. екологічний стан довкілля, кліматичні умови з вираженою сезонністю та мінливістю, аномальна літня спека та регіональні прояви змін клімату мають певний негативний вплив на добробут, здоров'я та комфортність життя населення країни [10]. У [11] модель тимчасового ряду застосовано для виявлення статистичного зв'язку між частотою і глибиною виникнення землетрусів, а також статистичної залежності цих даних від гравіметричних варіацій, для визначення закономірностей у зміні рівнів ряду і побудови його моделі з метою прогнозування та дослідження взаємозв'язків між геофізичними явищами. У сучасних дослідженнях динамічну поведінку середовища, що розташоване в сейсмогенеруючій зоні на межі тектонічних плит, розглядають як поведінку складної відкритої системи, що перебуває у стані самоорганізованої критичності. Це зумовлено самими закономірностями генерації землетрусів та складною будовою цієї зони, а мережа розломів і тріщин зумовила суттєву неоднорідність і фрагментованість зони [12]. Важливими характеристиками сейсмічного процесу в Закарпатті є енергетичні параметри місцевих землетрусів – магнітуда, інтенсивність, енергетичний клас, які покладено в основу сейсмічного районування. Використовувані методики, за допомогою яких визначають енергетичні параметри місцевих землетрусів, не повною мірою враховують впливи глибин гіпоцентрів і регіональні особливості шляхів поширення сейсмічних хвиль [13]. Відомо, що ґрунтові масиви можуть підсилювати або послаблювати сейсмічні хвилі, генеровані землетрусами. Актуальне завдання дослідження впливу ґрунтових товщ на проходження сейсмічних хвиль важливе з позиції експлуатації споруд та проектування нових сейсмостійких об'єктів [14]. Проведено вивчення густинної неоднорідності земної кори України і суміжних регіонів на основі детальних тривимірних гравітаційних моделей земної кори різного масштабу таких тектонічних регіонів і окремих структур, які побудовано з використанням комплексу

геологічних, петрофізичних і сейсмічних даних уздовж геотраверсів, профілів ГСЗ, сучасних сейсмічних досліджень методами WARR і розраховано із застосуванням комплексу автоматизованої інтерпретації потенціальних полів GMT-Auto, у результаті отримано нові відомості стосовно розподілу густини в земній корі [15]. Завдяки численным дослідженням методами електромагнітного моніторингу землетрусів отримані деякі важливі результати, з'явилося багато нової інформації про можливі електромагнітні провідники землетрусів [16]. Показано, що магнітні та радонові аномальні поля є суттєвими геофізичними чинниками довкілля, які великою мірою визначають його екологічний стан. Найбільш небезпечні ділянки, у межах яких локалізовані розломи, з якими у верхній частині розрізу земної кори пов'язані аномалії радону [17]. Зменшення сонячної активності супроводжується зменшенням кількості магнітних бур на Землі, а в роки великої сонячної активності збільшуються негативні варіації від зовнішніх джерел поля, зазначено, що вікові варіації визначають як різницю між середньорічними значеннями поля, вплив зовнішніх джерел поля підвищується зі зростанням сонячної активності [18]. Моніторинг геофізичних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині довів зв'язок гідрогеологічного та сеймотектонічного станів – зміни параметрів гідрологічного стану супроводжувалися інтенсивними варіаціями параметрів геодинамічного стану [19]. Аналіз результатів геофізичних досліджень у сейсмогенеруючому регіоні, яким є Закарпаття, приводить до важливих висновків, що підтверджують гідрогеологічний аспект аномальних варіацій геодинамічного та сейсмічного станів [20]. На території Карпатського геодинамічного полігону впродовж багатьох років проводяться геофізичні спостереження, а саме: метеорологічні, гідрогеологічні й аерофізичні спостереження. За результатами аналізу часових рядів спостережень зазначено зв'язок варіацій метеорологічних параметрів, сучасних горизонтальних рухів кори та проявів місцевої сейсмічної активності [21].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Під час вивчення екологічного стану Закарпатського внутрішнього прогину важливе дослідження геомеханічних процесів, що можуть супроводжуватися проявом вивільнення енергії пружно-деформованого стану порід. Численні дослідження впливу чинників завад на перебіг сеймотектонічних процесів, зв'язку геофізичних полів у період сейсмічної активізації відмітили важливість результатів вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори в регіоні. Відомості про характер рухів верхніх шарів земної кори отримують за допомогою нахиломірів, деформометрів, для яких необхідні спеціальні умови – місце, метеорологічні параметри. Встановлення таких приладів передбачає наявність спеціальних підземних приміщень і унікального обладнання. Тому необхідно

мати джерело інформації про геодинамічний стан регіону, яке є більш доступним. Такими параметрами можуть стати характеристики гідрогеологічного стану регіону.

Новизна. У даному дослідженні під час вирішення поставлених завдань, а саме вивчення зв'язку гідрогеологічних параметрів із параметрами геодинамічного та сейсмічного станів, було використано варіації рівнів ґрунтових вод у свердловинах різних глибин. Аналізували кореляцію кривих рівнів води у свердловині та просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності, зазначено високий ступінь їх кореляції. Пропонується використання вимірювання рівня води у свердловинах у висвітленні питання характеру горизонтальних рухів кори.

Методологічне, або загальнонаукове, значення. Представлене дослідження має велике методоло-

гічне значення, оскільки відкриває нові можливості для розширення спектра геофізичних досліджень у сейсмонезбезпечних регіонах. Щодо загальнонаукового значення проведених досліджень та їхніх результатів, необхідно відмітити важливість виявлених особливостей, а саме високого ступеня кореляції варіацій параметрів гідрогеологічного стану та параметрів динаміки сучасних горизонтальних рухів кори. Банк даних геодинамічного стану регіону можна збільшити завдяки використанню нових методів дослідження.

Виклад основного матеріалу. На території режимної геофізичної станції «Тросник» є свердловина глибиною 530 м. Тривалий період за допомогою цієї свердловини проводилися вимірювання акустичної емісії, температури води на глибині 530 м, теплового потоку та гамма-випромінювання.

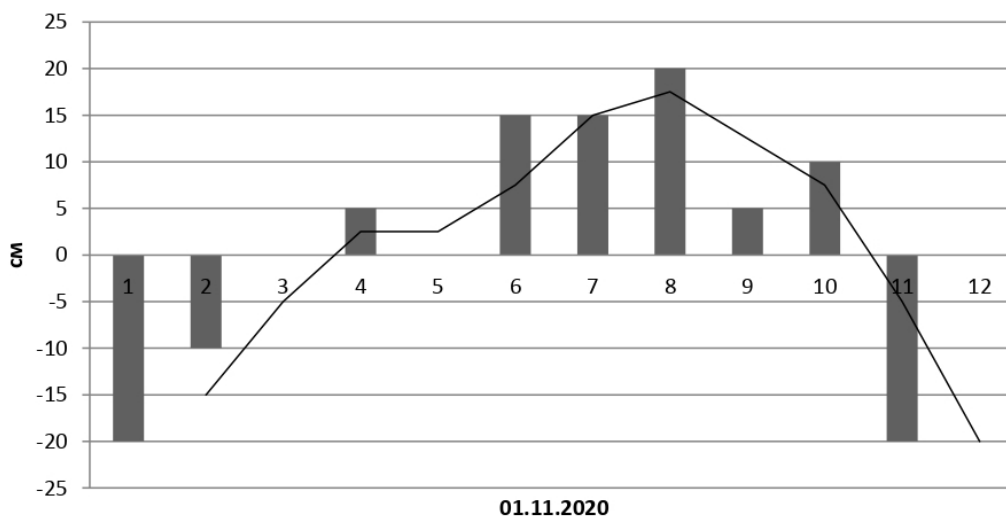


Рис. 1. Варіації рівня води у свердловині глибиною 530 м на РГС «Тросник» (середньомісячні величини)

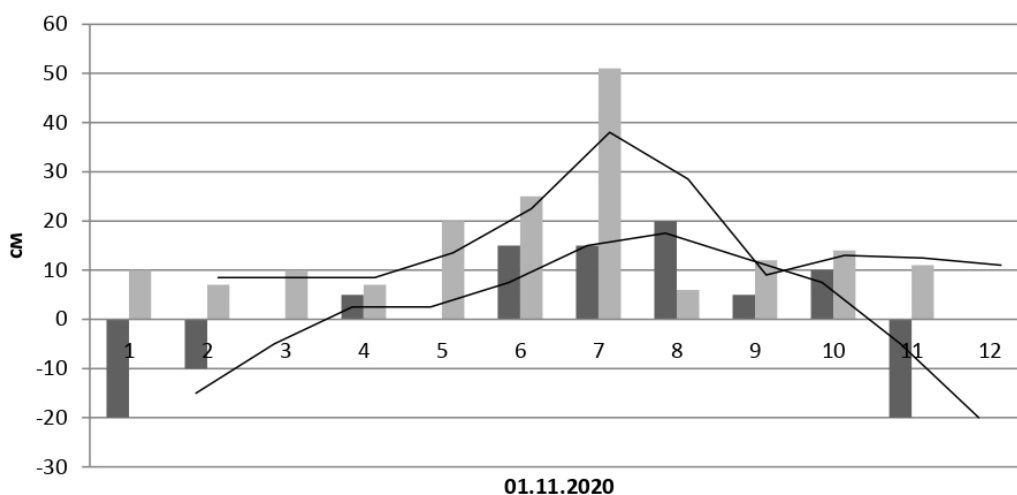


Рис. 2. Варіації рівня води у свердловині (діаграма сірого кольору) та місцева сейсмічність (діаграма чорного кольору) у 2020 р. Закарпатський внутрішній прогин

Результати дослідження відмічали кореляцію сучасних горизонтальних рухів кори, а саме їх вікового ходу, з рівнем води у свердловині глибиною 530 м: стиснення порід викликало підняття рівня води у глибокій свердловині. Результати вимірювань рівня води у свердловині показують характер рухів кори. Рухи кори пов'язані із сейсмічністю регіону, тому важливо вивчати зміну рівня води у свердловинах для дослідження сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині. Проведено дослідження зв'язку рівня води у свердловині та сейсмічності у 2020 р., порівняно з рухами кори й іншими геофізичними полями. На відміну від свердловини глибиною 8 м, у свердловині глибиною 530 м рівень води змінюється інтенсивніше. Землетруси реєструються в періоди мінімумів рівнів води у свердловині глибиною 530 м. У лютому 2020 р. рівень води у свердловині характерний коливаннями, відмічено 4 максимуми. У лютому на території Закарпаття зареєстровано 7 місцевих землетрусів у періоди як підняття рівня води у свердловині, так і зниження рівня води у свердловині, що відповідає розширенню та стисненню порід. Сейсмогенеруючі інтервали часу корелюються з періодами знакозмінних процесів рівня води у свердловині. Серії землетрусів у регіоні відбуваються в період стиснення порід, що викликає підвищення рівня води у свердловині на режимній геофізичній станції «Тросник». Представлено зміну рівня води у свердловині глибиною 530 м (рисунок 1).

Рівень води у свердловині зростає до серпня місяця (включно), далі спостерігається зниження рівня води. Представлено зв'язок зміни рівня води у свердловині та сейсмічну активність регіону (рисунок 2).

Проведено вивчення впливу динаміки рівня води у свердловині глибиною 530 м та місячних величин горизонтальних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2020 р. Дослідження рухів кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину (у штольні пункту деформографічних спостережень «Королеве») за 2020 р. показало незначне

стиснення порід, яке можна порівняти з нульовим віковим ходом деформацій земної кори, подібно до 2014 р. Отже, фактичний зв'язок рівня води у свердловинах та в річках регіону важливий для розуміння впливу динаміки гідрогеологічного стану регіону на сейсмотектонічні процеси на сейсмонезбезпечних територіях країни. Представлено варіації рівня води у свердловині № 831 (глибина – 530 м, РГС «Тросник») у місячному діапазоні (рисунок 3). Порівняно з рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому, розраховано місячні величини зміщень земної кори за сучасних горизонтальних рухів кори.

Якщо вважати основними геофізичними процесами геомеханічні, то представлені залежності повинні були корелюватися: стиснення порід мало спричинити підняття рівня води у свердловині. Спостерігається кореляція рухів кори та зміни рівня води у свердловині: стиснення порід супроводжується динамічним зниженням рівня води у свердловині, за винятком червня та жовтня 2020 р. Також зауважимо, що глибока свердловина реагує на вікові рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому. Показано зв'язок просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності в Закарпатському внутрішньому прогині з варіаціями рівня води у свердловині та місячними рухами кори, виміряними на ПДС «Королеве» за досліджуваний період (рисунок 4).

У результаті проведеного аналізу представлених вище залежностей варто зазначити зв'язок досліджуваних геофізичних полів. Корелюють гідрогеологічний стан регіону та місцева сейсмічність: підняття рівня води у свердловині, яке супроводжується сейсмічною активізацією регіону, імовірно, спричинене стисненням верхніх шарів земної кори за сучасних горизонтальних рухів земної кори. Отже, у результаті проведеного аналізу варіацій рівня води у свердловині важливо зазначити, що досліджувані параметри реагують на вікові рухи кори, виміряні на деформометричній станції, змонтованій у штольні смт Королеве (Берегівський район Закарпатської області). Аналіз результатів гідрогеологічного стану

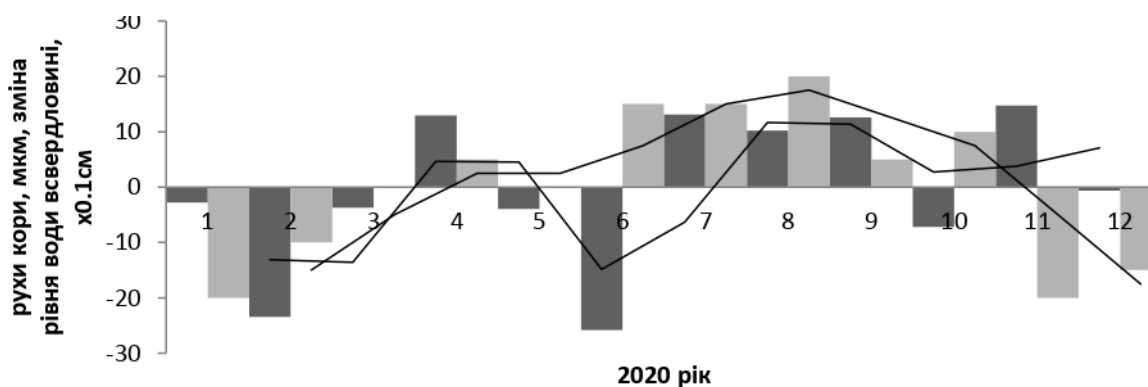


Рис. 3. Варіації рівня води у свердловині № 831 на РГС «Тросник» (діаграма сірого кольору), сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма чорного кольору). 2020 р.

в регіоні та сейсмічності у 2020 р.: відмічено кореляцію кривих варіацій спостережуваних параметрів. Зростання рівня води супроводжується інтенсифікацією місцевої сейсмічної активності. Стиснення порід у регіоні супроводжується підняттям рівня води у свердловині глибиною 530 м, розрядкою геомеханічної енергії. Представлено залежності досліджуваних параметрів за 2020 р. (рисунок 5).

Річний хід рівня води у свердловині становить +3 см. За 1–12.2020 р. зареєстровано на території Закарпатського внутрішнього прогину 188 місцевих землетрусів (рисунок 6). Підняття води у свердловині свідчить про річне стиснення порід у зоні Оашського глибинного розлому.

Частота землетрусів припадає на періоди, коли рівень води піднімається. Важливий геодинамічний аспект гідрогеологічних процесів у регіоні, для цього представлено динаміку сучасних горизонтальних рухів кори, виміряну на ПДС «Королеве» за 2020 р. (рисунок 7).

Віковий хід рухів кори за 2020 р. – стиснення порід незначної величини. Сейсмічність регіону припадає на періоди стиснення порід, що деякою мірою супроводжується підняттям рівня води у свердловині.

Головні висновки. За 2020 р. на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 188 місцевих землетрусів. 23 січня 2020 р. на Виноградівщині в околицях смт Вилोक зареєстровано відчутний місцевий землетрус ($I = 4,5$ бали за шкалою MSK-64). Сейсмічна активність як результат геомеханічних процесів представлена періодами, які супроводжують інтервали часу, за яких рівень води підвищений, тобто як результат стиснення порід. Стиснення порід у регіоні супроводжується підняттям рівня води у свердловині глибиною 530 м, розрядкою геомеханічної енергії. Аналіз результатів гідрогеологічного стану в регіоні та сейсмічності у 2020 р.: наявна кореляція кривих варіацій спостережуваних параметрів. Зростання рівня води

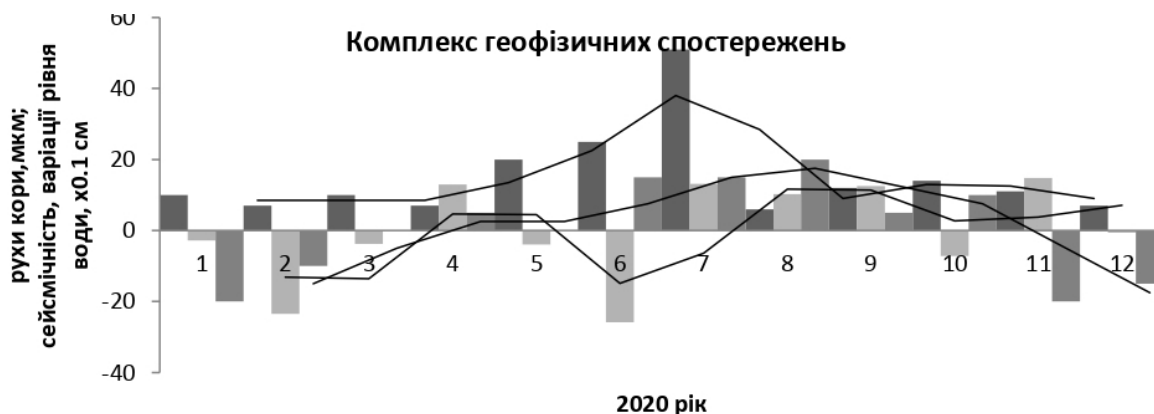


Рис. 4. Комплекс геофізичних спостережень: сейсмічний стан (діаграма чорного кольору), геодинаміка регіону (діаграма світло-сірого кольору), гідрогеологічний стан регіону (діаграма сірого кольору). 2020 р. Закарпатський внутрішній прогин

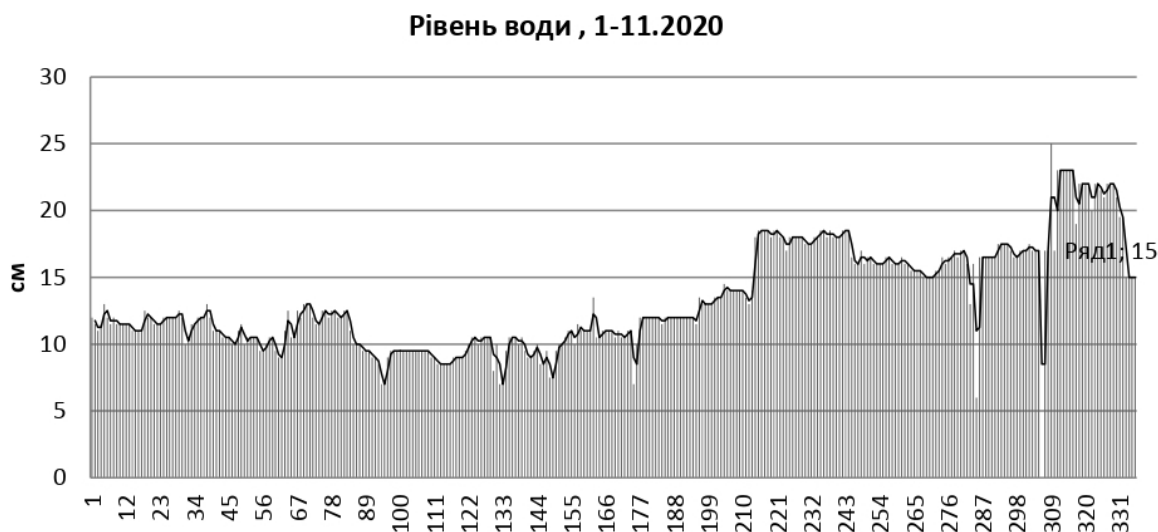


Рис. 5. Варіації рівня води у свердловині глибиною 530 м. РГС «Тросник»



Рис. 6. Сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) та варіації земної кори (діаграма чорного кольору) у 2020 р. Закарпатський внутрішній прогин

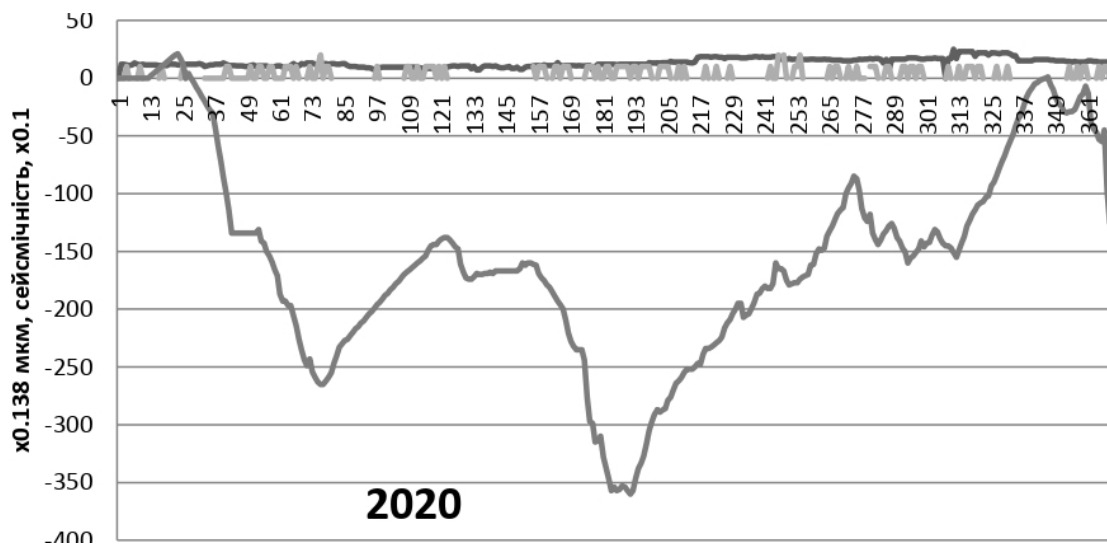


Рис. 7. Рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому (крива сірого кольору); сейсмічність регіону (діаграма світло-сірого кольору); варіації рівня води у свердловині № 831 (глибина –530 м) на РГС «Тросник». 2020 р.

супроводжується інтенсифікацією місцевої сейсмічної активності. Відмічено кореляцію вікових ходів сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та варіацій рівня води у свердловині глибиною 530 м, на відміну від варіацій рівня води в неглибокій свердловині глибиною 8 м на території режимної геофізичної станції «Тросник» відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, яка реагує на інші типи рухів кори, зокрема й сезонні. Актуальність проведення систематичних спостережень рівня води в цих свердловинах пов'язана з тим фактом, що варіації рівня води у свердловинах корелюються із сучасними горизонтальними рухами кори, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому.

Отже, проведенням спостереження рівня води у свердловинах можна отримати відомості про

характер сучасних горизонтальних рухів кори, особливо в тих місцях, де деформетричні спостереження вкрай важливі, але немає можливості проводити такі спостереження через низку причин, як-от унікальність деформетричних спостережень, пов'язаних із вибором місця спостереження, умов їх проведення. Порівняно з можливостями проведення вимірювання сучасних рухів кори за допомогою кварцових деформетрів, для встановлення яких необхідні особливі умови – штольні, глибини їх пролягання, стабільність внутрішньої температури приміщення, доступність та забезпечення сучасними приладами, методи вивчення рухів кори, пов'язаних із свердловинами, є більш перспективними та доступними. У краї в наявності багато свердловин різної глибини, які залишилися після пошукових гідрогеологічних робіт та які можна використати для моніторингу рівня води.

Перспективи використання результатів дослідження. Важливі продовження проведення гідрогеологічних та геодинамічних спостережень у Закарпатському внутрішньому прогині та розширення точок спостережень. Отримані результати дослідження зв'язків параметрів гідрогеологічного стану з характеристиками сучасних горизонтальних рухів кори можуть бути використані в дослідженні динаміки сеймотектонічних процесів у сейсмо-

небезпечних регіонах України. Вони спрощують методики вивчення рухів кори через використання низки гідрогеологічних параметрів та висновків, отриманих на основі цих досліджень. Оскільки на території Закарпаття не досить пунктів деформометричних спостережень, залучення до геофізичного моніторингу вимірювання гідрологічних параметрів у свердловинах поповнить банк даних, необхідних для вирішення проблем екологічного стану регіону.

Література

1. Обґрунтування доцільності застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-екологічному моніторингу / В. Зацерковний та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2020. № 1 (88). С. 98–105. DOI: 10.17721/1728-2713.88.14.
2. Чомко Д., Чомко Ф., Черкашина Н. Штучні гідрогеологічні вікна як забруднення Бучацько – Канківського водоносного горизонту на північному сході України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2020. № 2 (89). С. 110–114.
3. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону / М. Хом'як та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2020. № 3 (90). С. 49–53.
4. Стародуб Ю., Гавриш А., Козіонова О. Моделювання впливу еколого-геофізичного стану ґрунтів на інженерні мостобудівні об'єкти. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2020. № 3 (90). С. 97–103.
5. Углицьких Є., Вижва С., Іванік О. Моніторинг вертикальних зміщень земної поверхні території Закарпаття за даними радарної інтерферометрії. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2020. № 4 (91). С. 94–99.
6. Мінливі ритми в режимі ґрунтових вод та їхній зв'язок із кліматичними чинниками / О. Шевченко та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2021. № 2 (93). С. 71–81.
7. Малицький Д., Нікулін В. Механізм вогнища Литовського землетрусу на основі інверсії хвильових форм. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2021. № 2 (93). С. 46–52.
8. Багаторічна мінливість абсолютних річних мінімумів стоку води річок України / О. Ободовський та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2019. № 4 (87). С. 89–95. DOI: 10.17721/1728-2713.87.13.
9. Кендзера О., Семенова Ю. Сейсмічна реакція різних за будовою ділянок території Києва на сейсмічні навантаження. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (5). С. 150–164. DOI: 10.24028/gzh.v43i5.244077.
10. Бойченко С., Забарна О., Кучма Т. Комфортні кліматичні умови на території України за період 1991–2020 рр. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (4). С. 91–104. DOI: 10.24028/gzh.v43i4.239961.
11. Аналіз часових рядів на прикладі реєстрації варіацій гравітаційного поля / Р. Буртів та ін. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (4). С. 76–90. DOI: 10.24028/gzh.v43i4.239960.
12. Микуляк С., Куліч В., Скуратівський С. Про подібність зсувного деформування гранульованого масиву та фрагментованого середовища в сейсмоактивній зоні. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (3). С. 161–169. DOI: 10.24028/gzh.v43i3.236386.
13. Визначення енергетичних параметрів сейсмічних подій Закарпатського прогину з урахуванням добротності земної кори / Ю. Андрущенко та ін. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (2). С. 218–226. DOI: 10.24028/gzh.v43i2.230201.
14. Сейсмічна реакція шаруватої ґрунтової товщі з включеннями / О. Кендзера та ін. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (2). С. 3–13. DOI: 10.24028/gzh.v43i2.230186.
15. Макаренко І. Густина неоднорідність земної кори України і суміжних регіонів за даними тривимірного гравітаційного моделювання. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (2). С. 45–95. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230190>.
16. Пірієв Р. Ефективність електромагнітного моніторингу при вивченні землетрусів. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (2). С. 166–177. DOI: 10.24028/gzh.v43i2.230195.
17. Магнітні та радонові аномалії на території міста Києва: екологічний аспект / М. Орлюк та ін. *Геофізичний журнал*. 2021. № 43 (1). С. 227–250. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021.225551.
18. Sumaruk T., Sumaruk P. Відображення хейлівських циклів сонячної активності у вікових варіаціях геомагнітного поля. *Геофізичний журнал*. 2020. № 42 (5). С. 183–192. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215081.
19. Зв'язок гідрогеологічного та сеймотектонічного станів у Закарпатському внутрішньому прогині / В. Ігнатишин та ін. *Інноваційні пріоритети в розвитку науки* : збірник наукових матеріалів XXVII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 18 лютого 2019 р., м. Вінниця. Ч. 1. 76 с. С. 61–67.
20. Ігнатишин В. Дослідження гідрогеологічного аспекту сеймотектонічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині. *Географія в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка: 85 років – досягнення та перспективи (GTSNU)* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 85-річчю географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, 30–31 березня 2018 р. / гол. редкол. Я. Олійник ; КНУ імені Тараса Шевченка. Київ : Принт-Сервіс, 2018. С. 265–269.
21. Метеорологічні аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину / В. Ігнатишин та ін. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Географічні науки»*. № 10. С. 137–145. DOI: 10.32999/KSU2413-7391.