ГЕОФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ ЗА 2020 РІК

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

¹Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України
вул. Ярославенка, 27, 79011, м. Львів

²Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II
пл. Кошута, 6, 90202, м. Берегове, Закарпатська область
rgstrs1962@i.ua; Adalbert_Ihnatisin@i.ua; sitkomonika@i.ua;
sergever@gmail.com, izsak.tibor@kmf.org.ua;

На території Закарпаття в Закарпатському внутрішньому прогині щороку реєструється велика кількість слабких місцевих землетрусів, серед яких виділяються 2-6 місцевих відчутних. Сейсмічне затишся тривало 4,5 років, тому ймовірність прояву місцевого землетрусу більшої сили зростає. Попередні дослідження відмітили вплив параметрів гідрологічного, астрофізичного та аерофізичного стану на сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічність регіону. Метою дослідження є вивчення екологічного стану регіону, вплив на нього геодинамічного та метеорологічного станів. Проведено моніторинг факторів-завад, які впливають на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, та їх зв'язок. Розглянуто параметри аерофізичного стану регіону та їхні варіації: вологість і температура повітря, їхній зв'язок із сейсмотектонічними явищами в регіоні. Для вирішення поставленої задачі виконано побудову просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, часового розподілу вологості повітря, проведено порівняння інтервалів аномальних величин досліджуваних параметрів, підведені висновки. За результатами досліджень у попередні періоди відмічено вплив аерофізичних параметрів на сейсмічність регіону. Виявлено зв'язок метеорологічних параметрів із сучасними рухами кори і взаємозв'язок таких метеорологічних параметрів, як вологість повітря й атмосферного тиску. Підтверджено виявлені у попередніх дослідженнях особливості варіацій фізичних величин, що вивчаються, за періоди аномальних сучасних горизонтальних рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому. Результати дослідження важливі для вивчення картини екологічного стану регіону та методів вирішення проблем його геодинамічного стану. *Ключові слова:* аерофізичні параметри, вологість повітря, сейсмічний стан, геодинамічний стан, землетруси, Закарпатський внутрішній прогин, зона Оашського глибинного розлому.

Geophysical aspects of the ecological state in the Transcarpathian Inner Trough in 2020. Ihnatyshyn V., Ihnatyshyn A., Izsák T., Ihnatyshyn M., Verbytskyi S.

Numerous weak local earthquakes, including 2-6 perceptible local ones, are registered annually on the Transcarpathian territory of the Transcarpathian Inner Trough. Seismic calm lasted for 4-5 years, thus the probability of a strong local earthquake is increasing. Prior researches testified to the influence of hydrological, astrophysical and aerophysical state parameters on modern movements of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area, as well as the region's seismic activity. The research aims at studying the region's ecological state, as well as the influence of geodynamic and meteorological states of the region on the latter's ecology. The authors have monitored the hindrances influencing the geodynamic state of the Transcarpathian Inner Trough and their correlation. The following parameters of the region's aerophysical state, their variations have been analysed: air humidity, air temperature, their relation to seismotectonic phenomena in the region. The solution of the set aim presupposed: forming a spatiotemporal distribution of local seismicity, temporal distribution of air humidity, comparison of intervals between anomalous values of the studied parameters, drawing conclusions. The research results from previous periods testify to the influence of aerophysical parameters on the region's seismic activity. One can clearly see the relation between meteorological parameters and modern movements of the Earth's crust, as well as the correlation of meteorological parameters: air humidity and air pressure. The peculiar character of variations of the previously researched physical values in the periods of anomalous modern lateral movements of the Earth's crust in the Oaş deep-seated fault area have been proved. The research results are significant to study the region's ecological state and the methods to settle the issues of the geodynamic state of the region under analysis. *Key words:* aerophysical parameters, air humidity, seismic state, geodynamic state, earthquakes, Transcarpathian Inner Trough, Oaş deep-seated fault.

Постановка проблеми. На території Закарпаття знаходяться геологічні структури Закарпатського внутрішнього прогину: зона Оашського глибинного розлому, Берегівське горбогір'я. На цих об'єктах проводяться комплексні геофізичні вимірювання на пунктах Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України. На території України розташовані такі сейсмонезбезпечні зони, як

Карпати і Крим. Дослідження геодинамічного стану Карпатського геодинамічного полігону є актуальним у зв'язку із підвищенням сейсмічної активності Закарпатського внутрішнього прогину. На території Закарпатського внутрішнього прогину щороку реєструються сотні слабких місцевих землетрусів, серед яких виділяються 2-6 місцевих відчутних землетрусів. Для сейсмічності регіону характерна періодичність. Слід відмітити, що останній відчутний міс-

цевий землетрус у Закарпатті зареєстрували в липні 2015 року. Сейсмічне затишшя тривало 4,5 років, тому ймовірність прояву місцевого землетрусу більшої сили зростає.

Актуальність дослідження. Важливим є вивчення зв'язку метеорологічного стану регіону та сейсмотектонічного стану, зокрема параметрів атмосферного повітря (його швидкості, напрямку вітрів, вологості й температури). Попередні дослідження засвідчили вплив параметрів аерофізичного стану на сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічність регіону. Актуальним є продовження вивчення впливу факторів завад на екологічний стан регіону.

Метою дослідження є вивчення екологічного стану регіону, вплив на нього геодинамічного та метеорологічного станів регіону. **Об'єкт дослідження** – фактори-завади, що впливають на геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину, їхній зв'язок. **Предмет дослідження** – параметри аерофізичного стану регіону (вологість і температура повітря, їхній зв'язок із сейсмотектонічними явищами в регіоні). **Методи дослідження** – побудова просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності, часового розподілу вологості повітря, порівняння інтервалів аномальних величин досліджуваних параметрів, підведення висновків.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Задля вирішення проблемного питання використано результати режимних геофізичних спостережень на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, пунктах деформетричних спостережень у зоні Оашського глибинного розлому та Берегівського горбогір'я. За результатами дослідження в попередні періоди відмічено вплив аерофізичних параметрів на сейсмічність регіону. Нами відмічено зв'язок метеорологічних параметрів із сучасними рухами кори і взаємозв'язок таких метеорологічних параметрів, як вологість повітря й атмосферний тиск. Окрім того, відмічено зв'язок параметрів гідрологічного стану регіону та сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині: після інтенсивних атмосферних опадів із величинами, порівняними з місячними, реєструється інтенсивне розширення гірських порід протягом доби, яке завершується плавним стисненням протягом декількох діб. Така аномалія в деформаціях земної кори супроводжується підвищенням сейсмічної активності в досліджуваному регіоні. Результати дослідження важливі для вивчення картини екологічного стану регіону та розроблення шляхів вирішення проблем геодинамічного стану досліджуваного регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню геологічних та геофізичних процесів у сейсмонезбезпечних ділянках земної кори приді-

лено велику увагу. За результатами спостережень геофізичних полів та вимірювань варіацій їхніх параметрів представлено публікації, в яких показано особливості екологічних процесів у регіоні, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині, та в інших місцях, для яких характерним є погіршення екологічного стану.

На основі поглибленого геологічного аналізу, структурно-морфометричних досліджень, ГІС-аналізу, систематизації фактичного матеріалу із залученням натурних даних досліджено роль літологічного, стратиграфічного, структурно-тектонічного та геоморфологічного факторів у формуванні різногенетичних небезпечних геологічних процесів у межах цього регіону [1]. Рациональне використання природних ресурсів, особливо відновлюваних на основі інтенсивних та ефективних технологій, своєчасне виявлення і прогнозування глобальних (зовнішніх) та регіональних (внутрішніх) екологічних загроз на основі наукових досліджень в екологічній сфері – всі ці механізми покликані забезпечити декомпенсуючу протидію наслідкам екологічних загроз [2]. Для достовірної оцінки напружено-деформованого стану гірських порід і відповідно для прогнозування карстових процесів і деформацій, пов'язаних із наявністю видобувних камер і розвитком карсту, можна успішно застосовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ). Показано результати профільних і площинних досліджень у межах калійного родовища солі, які свідчать про ефективність методу ПЕМПЗ для вирішення еколого-геологічних задач [3]. Із використанням сейсмічного каталогу побудовано графіки залежності між геоакустикою і деформаціями, магнітудою та енергетичним класом, а також наведено гістограму сейсмічної активності, показано залежність магнітуди від енергетичного класу, підтверджено взаємозв'язок між геофізичними полями, що є необхідним для виявлення впливу сейсмічності на зміну інших параметрів середовища й побудови діючої моделі сейсмічності Закарпатського регіону [4]. Шляхом проведення числових експериментів отримано модельні результати, що дозволяють теоретично розрахувати й визначити напружено-деформовані стани ґрунтового масиву під інженерно-будівельними (мостовими) конструкціями, передбачити небезпеку руйнування масивів унаслідок зростання напружень і деформацій під впливом дії навантажень [5].

Особливості сейсмічної дії кожного землетрусу визначають за такими його характеристиками, як тектоніка, глибина розміщення вогнища, механізм, геометрія вогнища, напрямок і перебіг процесу розриву гірських порід, за іншими параметрами. Картина макросейсмічного поля є відображенням впливу всіх цих факторів і локальних геологічних особливостей на прояв сейсмічного ефекту в точках земної поверхні [6]. Напружено-деформований стан масиву

породи фіксують за наявністю зон мікротріщинуватості мінералів. Подальший розвиток, активізація цих зон сприяє перерозподілу продуктивних компонентів у рудах, трансформації уранових мінералів [7].

У реальних геологічних умовах на шляху проходження хвилі трапляються тектонічні порушення, неоднорідності в товщі, інтерференція хвиль та ускладнення географів випадковими хвилями-завадами. Від достовірності визначення цих параметрів залежать коректність і виключність розв'язання прямої задачі сейсміки [8]. Підтверджено наявність на глибині 3-7 км у разі заданих параметрів моделі зони дилатансії, яка характеризується розгалуженням тріщин геологічного середовища, де відбувається стрибкоподібний процес розрядження напружено-деформованого стану порід зі зменшенням глибини, зниження тиску висхідних флюїдів і їхня поетапна дегазація [9]. Встановлено відповідність положення родовищ вуглеводнів та підвищеного теплового режиму надр [10]. Дослідження зони сучасної активізації на території України проводиться з використанням великого комплексу геолого-геофізичних даних, зокрема виділено 12 зон у межах близько половини території України. Одна з них охоплює Карпатський регіон із альпійською складчастістю, інші розміщуються у структурах платформи різного віку – від докембрійського до посткімерійського [11].

Дослідження, проведені в пунктах Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, відмітили зв'язок аерофізичного стану з геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття у 2019 році [12]. Нами проводяться дослідження таких параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, електромагнітної емісії, які виявили наявність зв'язку геофізичних полів та сеймотектонічних процесів у Закарпатті [13]. Проведено вивчення сучасних горизонтальних рухів кори в Закарпатті у 2019 році та відмічено метеорологічний аспект сеймотектонічних процесів [14]. Відмічено метеорологічний і сейсмічний аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину: землетруси відбуваються в періоди понижених температур і стиснень порід земної кори [15,16]. Показано актуальність і важливість геофізичних методів дослідження екологічного стану сейсмонезбезпечних регіонів [17].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вивченню впливу факторів завад геологічних процесів у сейсмонезбезпечних регіонах присвячено різноманітні дослідження геофізичних полів, варіацій їх параметрів, зв'язків із параметрами геодинамічного стану регіону, зокрема сучасних горизонтальних рухів кори, їхніх кінематичних характеристик. Оскільки відомо, що геодинамічний стан регіону прямо пов'язаний із його сейсмічністю, важливо вивчити і встановити кількісні залежності між варі-

аціями параметрів геофізичних полів та динамікою сучасних горизонтальних рухів кори, просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності.

Новизна. Під час вивчення процесів підготовки і перебігу сейсмічних процесів у сейсмонегенеруючих регіонах важливо отримати картину геодинамічного стану та геофізичних процесів, зокрема в Закарпатському внутрішньому прогині. Досліджуються зв'язки геофізичних полів у періоди активізації сейсмічності в регіоні, вивчаються варіації параметрів метеорологічного стану, зокрема температури та вологості повітря зі сучасними горизонтальними рухами кори в зоні Оашського глибинного розлому. Проведено дослідження впливу аерофізичних параметрів на рухи кори в напрямку схід-захід у зоні Оашського глибинного розлому у 2020 році, вивчено зв'язок сучасних горизонтальних рухів із сейсмічною активізацією регіону.

Методологічне або загальнонаукове значення. Значення проведених досліджень важливе для вирішення екологічних проблем Закарпаття геологічного характеру. На території Закарпатського внутрішнього прогину періодично погіршується екологічний стан гідрологічного характеру внаслідок паводків і повеней. Окрім того, можливі зміни екологічного стану через геомеханічні процеси – зсуви, землетруси. Оскільки прояв геомеханічних процесів у регіоні є низьким, важливо досліджувати всі зареєстровані випадки, зокрема сейсмічного характеру. Отримана і вдосконалена методика дослідження геофізичних процесів у сейсмонезбезпечних регіонах може застосовуватися під час вивчення проблем екологічного стану в інших сейсмонезбезпечних зонах.

Викладення основного матеріалу. На території Закарпатського внутрішнього прогину, на режимних геофізичних станціях Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, зокрема на РГС (режимній геофізичній станції) Тросник проводяться спостереження за змінами фізичних параметрів атмосфери: температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості повітряних потоків та їхніх напрямків (рис.1). Отримані результати порівнюють із результатами спостережень за рухами земної кори і проявом місцевої сейсмічності. На рис.1 представлено результати дослідження за 2020 рік у місячних діапазонах.

У січні 2020 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 10 місцевих землетрусів, побудовано часовий розподіл місцевої сейсмічності порівняно з варіаціями вологості повітря. 23 січня 2020 року на території Виноградівського району (біля селища міського типу Вилок) зареєстровано відчутний місцевий землетрус. Останній відчутний місцевий землетрус на території Закарпатського внутрішнього прогину був зареєстрований у липні-серпні 2015 року. Землетруси відбуваються в часовий інтервал висо-

Рис. 1. Сейсмологічні та деформетричні спостереження на Закарпатті

(1 – РГС «Брід»; 2 – РГС «Нижнє Селище»; 3 – РГС «Тросник»; 4 – Сейсмічна станція «Міжгір'я»; 5 – сейсмічна станція «Рахів»; 6 – РГС «Берегове»; 7 – РГС «Мукачеве»; 8 – пункт деформетричних спостережень «Королєве»; 9 – Сейсмічна станція «Ужгород»; 10 – сейсмічна станція «Холмці» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України [18].

кої вологості повітря. Розглянуто варіації вологості повітря на Режимній геофізичній станції «Тросник» у 2020 році в Закарпатському внутрішньому прогині (рис. 2).

Нами виділено періоди на початку року, коли вологість повітря становить 50-60%; відмічено

декілька періодів із низькими величинами вологості повітря в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Проведено аналіз просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності у 2020 році та розподілу вологості повітря за досліджуваний період (рис. 3).

Рис. 2. Варіації вологості повітря на РГС «Тросник» у січні-листопаді 2020 року

Рис. 3. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності в січні-листопаді 2020 року (Закарпатський внутрішній прогин)

Рис. 4. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (діаграма чорного кольору) та варіації вологості повітря (діаграма сірого кольору) в січні-листопаді 2020 року (Закарпатський внутрішній прогин)

Рис. 5. Комплексний графік: температура повітря (діаграма світло-сірого кольору), вологість повітря (діаграма чорного кольору), сейсмічність регіону (діаграма сірого кольору) (2020 рік, Закарпатський внутрішній прогин)

Рис. 6. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (діаграма сірого кольору), зміщення земної кори (крива чорного кольору) в Закарпатському внутрішньому прогині (2020 рік)

У січні-листопаді 2020 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 182 місцеві землетруси, розподілені за трьома інтервалами. Найінтенсивніший період припадає на першу половину року. Слід відмітити наявність відчутного землетрусу в січні 2020 року на території Берегівського району Закарпатської області. Проведено аналіз зв'язку метеорологічних параметрів та просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності у 2020 році (рис. 4).

Аналіз залежностей представлених геофізичних полів виявив зв'язок варіацій вологості повітря з місцевою сейсмічністю. Нами показано розподіл температури повітря у 2020 році і проаналізовано зв'язок із сейсмічністю регіону (рис. 5).

Вологість повітря пов'язана з його температурою, причому землетруси відбулися саме в періоди знижених температур. Нами представлено рухи кори в зоні вимірювання горизонтальних рухів у 2020 році та просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності (рис. 6).

Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому у 2020 році характеризуються незначним стисненням на фоні загального розширення верхніх шарів земної кори величиною $+10 \times 10^{-7}$; вони є успадкованими горизонтальними рухами в Карпато-Балканському регіоні. Рухи кори представлені високими амплітудами, що свідчить про виконання механічної роботи, на яку було затрачено велику геомеханічну енергію. Ймовірно, відбувається акумуляція енергії зміщень верхніх шарів земної кори, що може сприяти перебігу місцевої

сейсмічності. Активність сейсмічності корелює з періодом мінімуму рухів кори Землі, стиснення кори. Виділені максимуми сейсмічної інтенсивності знаходяться в інтервалі періодів стиснення порід у добовому діапазоні.

Головні висновки. У центральній частині на режимних геофізичних станціях Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України Закарпатського внутрішнього прогину тривають спостереження за змінами фізичних параметрів атмосфери: температури повітря, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості повітряних потоків і їхніх напрямків. На території Закарпаття проводиться моніторинг таких параметрів геофізичних полів: магнітного поля Землі, радіоактивного фону середовища, електромагнітної емісії.

Проведені вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому на деформометричній станції «Королево» виявили незначне стиснення кори. На території Закарпатського внутрішнього прогину у 2020 році зареєстрували 188 місцевих землетрусів, серед яких один відчутний місцевий землетрус інтенсивністю 4-5 балів на території Берегівського району відбувся після 4,5 років сейсмічного затишшя (для відчутних землетрусів). Більшість із них зареєстровано у період високих значень вологості, що свідчить про дію атмосфери на верхні шари земної кори та геомеханічні процеси, які в них відбуваються. Зменшення величини вологості повітря,

очевидно, пов'язана із сезонністю метеорологічного стану середовища. Зниження вологості повітря пов'язано із підвищенням атмосферного тиску, що могло викликати стиснення порід і супроводжуватися підвищенням сейсмічності. Виділено періоди на початку року, коли вологість повітря становить 50-60%. Відмічено декілька періодів із низькими величинами вологості повітря в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Аналіз зв'язку представлених геофізичних полів виявив зв'язок варіацій вологості повітря, температури атмосфери й місцевої сейсмічності, що важливо для поповнення банку геофізичних даних

зادля створення моделі геологічних процесів у регіоні та вирішення завдань екологічного характеру.

Перспективи використання результатів дослідження. Актуальним є проведення геофізичних спостережень із використанням інших фізичних параметрів, зокрема атмосферного тиску, швидкості вітру, напрямку вітру, з одночасним розширенням географії наукових досліджень (фізичних полів у північно-західній та південно-східній частинах Закарпатського внутрішнього прогину, що характеризуються підвищеною сейсмічною активністю). Результати наукових досліджень дають можливість пошуку сейсмогенеруючих ділянок на території регіону.

Література

1. Іванік О., Тустановська Л., Гадяцька К. Головні чинники формування та активізації гравітаційних процесів у межах Київського Придніпров'я. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Геологія.* 2020. № 1(88). С. 6-11.
2. Зацерковний В., Плічко Л., Приліпко О., Ніколаєнко О., Мужанова Т. Обґрунтування доцільності застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-екологічному моніторингу. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 1(88). С. 98-105.
3. Bagriy S., Kuzmenko E., Dzoba U. Correlation of natural pulsed electromagnetic field of the Earth with stresses and deformations, which appeared in exhausted salt fields in the precarpathians for karst creation forecasting. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 2(89). С. 79-88.
4. Хом'як М., Малицький Д., Асташкіна О., Махніцький О., Кравець С., Микита А., Грицай О. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 3(90). С. 79-88.
5. Стародуб Ю., Гавриш А., Козіонова О. Моделювання впливу еколого-геофізичного стану ґрунтів на інженерні мостобудівні об'єкти. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. № 3(90). С. 97-103.
6. Буртєв Р.З., Карданец В.Ю. Модель главных компонент в сейсмичности зоны Вранча. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 65-75.
7. Баранов В.А., Маметова Л.Ф., Коровін В.Ю. Моделювання метасоматозу в радіогенних породах як чинника змінності їх властивостей. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 86-95.
8. Гринь Д.М. Виділення глибинних, енергетично слабких хвиль в сейсмічних записках ГСЗ. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 86-95.
9. Шестопалов В.М., Богуславський А.С. Термогидродинамическое моделирование влияния глубинных разломов и каналов дегазации на динамику подземных вод. *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 3-13.
10. Лобова Г.А., Меренкова А.С., Кузьменков С.Г. Тепловой поток, термическая история материнской нижнеюрской тогурской свиты и нефтегазоносность Бакчарской мезовпадины (юго-восток Западной Сибири). *Геофизический журнал.* 2020. Т. 42, № 1. С. 14-28.
11. Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Гордиенко Л.Я., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н. Зоны современной активизации территории Украины. *Геофизический журнал.* 2020. Т.42, № 1. С.29-52.
12. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Ігнатишин В.В. Зв'язок аерофізичного стану з геомеханічним станом геологічних структур Закарпаття за 2019 рік. *XXII Міжнародна наукова конференція «Астрономічна школа молодих вчених».* Київ, 11-12 грудня 2020 р. Програма і тези доповідей. С.35-36.
13. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. Дослідження зв'язку геофізичних полів та сейсмотектонічних процесів у Закарпатті. Ignatyshin V., Ignatishin A., Izhak T., Verbytsky S., Ignatyshyn M. Research of geophysical field connections and seismotectonic processes in Transcarpathians. *Österreichisches Multiscience Journal (Innsbruck, Austria).* 2020. Vol. 2, No 30. P. 3-10. ISSN – 1740-1798
14. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Вербицький С.Т., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б. Сучасні горизонтальні рухи кори в Закарпатті у 2019 році: метеорологічний аспект. *I Международная научно-практическая конференция «MODERN SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS»* 5-7 апреля 2020 года, Стокгольм, Швеция. Modern science: problems and innovations. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2020. 749 p. Pp. 309-316. URL: <http://scicconf.com.ua>. UDC 001.1 BБК 57 ISBN 978-91-87224-07-2.
15. Ігнатишин А.В., Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Іжак Т.Й. Метеорологічний та сейсмічний аспекти геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. *Сучасний рух науки : тези доп. X міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 квітня 2020 р. Дніпро, 2020. Т. 1. 811. С. 481-486. (Modern Movement of Science: abstracts of the 10th International Scientific and Practical Internet Conference, April 2-3, 2020. Dnipro, 2020. P.1. 811 p.)*
16. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Метеорологічний аспект геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину за 2019 рік. *Практическое значение современных научных исследований. Сборник материалов конференции.* Одесса: Куприенко С.В., 2020. 73 с. : рис., табл. С.13-20; ISBN 978-617-7414-92-5
17. Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б., Іжак Т.Й. Геофізичні методи вивчення екологічного стану сейсмонебезпечних регіонів. Ignatyshin V.V., Ignatishin A.V., Ignatyshyn M.B., Izhak T.Y. Geophysical methods of environmental state study. *Scientific Journal Virtus.* 2020. Issue 43. P. 98-104. ISSN 2410-4388 (Print) ISSN 2415-3133 (Online) URL: https://www.google.com/maps/d/pdf?mid=1a8Caxd_IRw0Gn84OFTr41rfgQVGLMvUp&hl=ru&pagew=792&pageh=612&llsw=47.391482%2C21.802482&llne=49.