

УДК 550.34

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.6>

ВАРІАЦІЇ АСТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА СУЧАСНІ ГОРИЗОНТАЛЬНІ РУХИ КОРИ В ЗОНІ ОАШСЬКОГО ГЛИБИННОГО РОЗЛОМУ ЗА 2022 РІК

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

³Карпатське відділення Інституту геофізики імені С.І. Субботіна
Національної академії наук України
вул. Наукова, 3Б, 79060, м. Львів

rgstrs1962@i.ua, Adalbert_Ihnatisin@i.ua, sitkomonika@i.ua,
izsak.tibor@kmf.org.ua, molnar.d.istvan@kmf.org.ua, racz.bela@kmf.org.ua

У статті представлено результати дослідження геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину через вимірювання сучасних горизонтальних рухів кори в центральній його частині, зокрема в зоні Оашського глибинного розлому. Проведено вивчення часового розподілу сонячної активності та геомагнітного індексу за 2022 рік. Актуальність вивчення зв'язку геодинамічного стану та варіацій параметрів сонячної активності, геомагнітного індексу викликана тим, що Закарпатський внутрішній прогин є сейсмогенеруючим регіоном України. На території Закарпаття реєструються серії місцевих землетрусів різного енергетичного класу, зокрема відчутні підземні поштовхи, які можуть становити загрозу екологічному стану регіону. Особливістю Закарпаття є наявність на його території об'єктів критичної інфраструктури, які можуть потерпати від сильних землетрусів, число яких протягом року коливається від одного до шести подій. Оскільки вивченню астрофізичного стану та його зв'язків із сеймотектонічними процесами в сейсмонезбезпечних регіонах приділено недостатньо уваги, то продовження вивчення геодинамічного та астрофізичного станів важливо, оскільки таким чином розширюється спектр можливих прогностичних характеристик небезпечних геологічних процесів. *Об'єктом* дослідження є екологічний стан регіону, який залежить від геодинаміки та сеймотектоніки Закарпатського внутрішнього прогину. *Предметом дослідження* є астрофізичний стан, який розглянуто через призму варіацій сонячної активності, варіацій геомагнітного індексу, геодинамічний стан регіону, який представлений сучасними горизонтальними рухами кори, сейсмічністю регіону, та їх кінематичними параметрами: швидкостями рухів кори та прискореннями рухів кори, їх взаємовпливом. За результатами дослідження встановлено: сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину є періодичною, протягом 2022 зареєстровано 12 місцевих землетрусів. Сучасні горизонтальні рухи кори, виміряні на пункті деформометричних спостережень «Королеве» представлені стисненнями порід величиною: -10.87×10^{-7} , зміщення порід становить: -30.9 мкм. Варіації сонячної активності в 2022 році та прискорення рухів кори корелюються між собою, геомагнітний індекс реагує на аномалії в рухах кори та варіації сонячної активності. *Ключові слова*: астрофізичні параметри, геомагнітний індекс, геодинамічний стан, сейсмічний стан, землетруси, Закарпатський внутрішній прогин, зона Оашського глибинного розлому, сучасні горизонтальні рухи кори, екологічний стан.

Variations of astrophysical parameters and current horizontal movements of the crust in the zone of the Oasha deep fault for the year 2022. Ignatyshyn V., Malytskyi D., Izhak T., Molnar D.S., Rats A., Ignatyshyn M., Ignatyshyn A.

The article presents the results of the study of the geodynamic state of the Transcarpathian internal depression through the measurement of modern horizontal movements of the crust in its central part, in particular in the zone of the Oash deep fault. The study of the temporal distribution of solar activity and the geomagnetic index for 2022 was conducted. The relevance of studying the relationship between the geodynamic state and variations of solar activity parameters and the geomagnetic index is caused by the fact that the Transcarpathian internal depression is an earthquake-generating region of Ukraine. A series of local earthquakes of various energy classes are registered on the territory of Transcarpathia, in particular, perceptible earthquakes, which may pose a threat to the ecological state of the region. The peculiarity of Transcarpathia is the presence on its territory of critical infrastructure objects that can suffer from strong earthquakes, the number of which varies from one to six events during the year. Since insufficient attention has been paid to the study of the astrophysical state and its connections with seismotectonic processes in earthquake-prone regions, the continuation of the study of geodynamic and astrophysical states is important, because in this way the spectrum of possible prognostic characteristics of dangerous geological processes is expanded. The object of the research is the ecological state of the region, which depends on the geodynamics and seismotectonics of the Transcarpathian internal depression. The subject of the study is the astrophysical state, which is considered through the prism of variations in solar activity, variations in the geomagnetic index, the geodynamic state of the region, which is represented by modern horizontal movements of the crust, the seismicity of the region, and their kinematic parameters: speeds of crustal movements and accelerations of crustal movements, their mutual influence. According to the results of the study, it was established that the seismicity of the Transcarpathian internal depression is periodic, during 2022 12 local earthquakes were registered. Modern horizontal movements of the crust, measured at the Koroleve deformation observation point, are represented by rock compressions of -10.87×10^{-7} , rock displacement is -30.9 μm . Variations in solar activity in 2022 and acceleration of crustal movements are correlated with each other, the geomagnetic index reacts to anomalies in crustal movements and variations in solar activity. *Key words*: astrophysical parameters, geomagnetic index, geodynamic state, seismic state, earthquakes, Transcarpathian internal depression, Oash deep fault zone, modern horizontal movements of the crust, ecological state.

Постановка проблеми. В сейсмонебезпечних регіонах яким являється Закарпатський внутрішній прогин, проводиться моніторинг варіацій параметрів геофізичних полів, параметрів геодинамічного стану регіону, які визначають модель сеймотектонічних процесів. На території Закарпаття, яке характерне своїми особливостями, створено сітку спостережних станцій та пунктів, де проводяться режимні геофізичні, геодинамічні, метеорологічні та гідрологічні спостереження. За результатами багаторічних спостережень виділено характеристики геологічних процесів, сучасних горизонтальних рухів кори, місцевої сейсмічності та встановлено взаємозв'язки спостережуваних природних станів. Відомо, що геомеханічні процеси, рухи кори впливають на фізичні характеристики гірських порід, які можна спостерігати та вимірювати. **Метою проведених досліджень** є виявлення зв'язків між геодинамічним станом регіону та сейсмічним станом регіону, впливом на нього астрофізичного стану, зокрема варіацій сонячної активності, геомагнітного індексу, фаз Місяця. **Об'єктом** дослідження є екологічний стан регіону, який залежить від геодинаміки та сеймотектоніки Закарпатського внутрішнього прогину. **Предметом дослідження** є астрофізичний стан, який розглянуто через призму варіацій сонячної активності, варіацій геомагнітного індексу, геодинамічний стан регіону, який представлений сучасними горизонтальними рухами кори, сейсмічністю регіону, та їх кінематичними параметрами: швидкостями рухів кори та прискореннями рухів кори, їх взаємовпливом.

Актуальність дослідження. Слід звернути увагу на той факт, що Закарпаття є сейсмонебезпечним регіоном України, Карпато-Балканського регіону. Сейсмічні спостереження на території Закарпаття проводяться з другої половини 20 ст. За цей період сформувалася картина сейсмічності регіону, що представлена періодичним проявом сейсмічних явищ. Територія Закарпаття відмічається як сейсмоактивна зона, яка характерна тим, що тут реєструються численні підземні поштовхи, серед яких невелика частка сильних, відчутних місцевих землетрусів. Періодичність їх змінюється від одного до 6–8 сильних відчутних місцевих поштовхів. Актуальність вивчення процесів накопичення та вивільнення енергії підземних бурь викликана також фізико-географічними характеристиками регіону, а також тим, що на території Закарпаття розташовані об'єкти підвищеної небезпеки. Енергія можливих землетрусів може спричинити погіршення екологічного стану регіону. Тому важливо проводити моніторинг сеймотектонічних процесів, вивчати геомеханічні процеси, сейсмічні процеси та реакцію на них геофізичних полів. Методика досліджень полягає в побудові просторово-часових розподілів параметрів геофізичних полів, зокрема геомагнітного індексу, фізичних величин сучасних горизонтальних рухів, виявленні взаємозв'язків між собою.

Побудовано часові розподіли сонячної активності та геомагнітного індексу, розраховано динамічні характеристики спостережуваних параметрів геофізичних полів. Вивчено вплив астрофізичних параметрів на геофізичні параметри. Розглянуто астрофізичні параметри та геофізичні поля за 2022 рік. Для вирішення поставленої екологічної задачі використано Інтернет-ресурси, звідки взято параметри Сонця та сонячної активності, сейсмологічний бюлетень. Дані про сучасні горизонтальні рухи кори отримано вимірявши зміщення в штольні, розрахувавши швидкість рухів та прискорення, штольня розташована в смт Королеве Берегівського району, Закарпатської області. В штольні змонтовано горизонтальний кварцовий деформометр базою 24.5 м Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Головними завданнями, які стоять перед дослідниками є вивчення процесів, які відбуваються в надрах Землі, як реагують на варіації параметрів геодинамічного стану параметри окремих геофізичних полів, магнітного поля Землі, електромагнітної емісії, радіоактивного фону середовища. Дослідження сейсмічності регіону покликане вказати на можливі підземні поштовхи, їх силу, енергію, що важливо для побудови стратегії охорони навколишнього середовища, зокрема від небезпечних геологічних процесів в регіоні. Закарпатський внутрішній прогин є складовою Карпато-Балканського регіону, процеси в них взаємопов'язані, вивчення частини цього регіону дозволить розуміння можливих процесів на суміжних територіях. Комплексні геофізичні спостереження в регіоні важливі для поповнення бази даних, удосконалення методів дослідження екологічно небезпечних територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку з ростом кількості природно-техногенних катастроф актуальною є розробка систем моніторингу за станом геологічного середовища з використанням сучасного математичного апарата та інформаційних технологій. У загальній системі моніторингу докільця важливою складовою є локальний моніторинг територій розташування потенційно небезпечних об'єктів. Таку проблему було розв'язано в роботі методом статистичного моделювання, який надає можливість відображати явище (випадкове поле об'єкта дослідження на площині) у будь-якій точці зони спостереження [1]. В [2] викладено головні підходи та принципи розробки і формування структури бази даних зсувних процесів у межах території України, вказано, що Україна характеризується активним розвитком різногенетичних гравітаційних процесів у межах різних структурно-тектонічних і ландшафтно-кліматичних зон, а це вимагає єдиного підходу до створення системи їхнього обліку, інвен-

таризації та моніторингу з наступним прогнозуванням, оцінкою впливу на техногенні об'єкти різного призначення. Побудова поля радіаційного фону на місцевості за результатами обробки даних вимірювань, які були проведені в кінцевому числі точок, являє собою одне з найважливіших завдань радіаційного моніторингу. В результаті обробки даних із застосуванням різних способів кластеризації було встановлено, що результати аналізу практично збігаються між собою, що доводить достовірність застосування кластерного аналізу для задач радіаційного моніторингу місцевості й побудови карт радіаційного забруднення [3].

Бріогеохімічна індикація є хорошим методом оцінки і моніторингу атмосферного забруднення великих і різноманітних за природними і техногенними умовами територій, запропонований геостатистичний комплекс картографування атмогеохімічного поля показав свою ефективність у розділенні територій за типом забруднення [4]. На основі застосування стандартного методу геологічного опису відслонень, седиментологічного аналізу структурно-текстурних особливостей порід, мікропалеонтологічного методу досліджено об'єкти Закарпатської області, які відображають зародження Карпатського седиментаційного басейну, формування субокеанічної і океанічної кори основи Зовнішньокарпатського Флішового басейну, формування покривів Східних Внутрішніх Карпат, завершальний олігоценний етап розвитку Зовнішньокарпатського флішового басейну [5]. Актуальними є дослідження мінливості мінімального стоку води, який належить до екстремальних режимних характеристик водоносності річок у періоди межень, що є показниками небезпечності і катастрофічності, зокрема у періоди тривалих посух, інформація важлива в умовах сучасних кліматичних змін, в яких суттєво підвищується ймовірність настання екстремальних гідрологічних явищ [6]. Останнім часом зростає використання різноманітних природних ресурсів і відповідно масштаби забруднення зовнішнього середовища відходами виробництва та споживання. Для зняття цих негативних наслідків використовують ландшафтно-екологічний моніторинг (ЛЕМ) стану існуючої екологічної інфраструктури міст (споруд і об'єктів, призначених для охорони, відтворення і поліпшення навколишнього природного середовища), яка покликана забезпечити декомпенсуючу протидію наслідкам антропогенного навантаження, та необхідність розробки науково-обґрунтованої міської екологічної політики, оптимізації системи природокористування [7]. В [8] досліджено просторовий розподіл питомої магнітної сприйнятливості (χ) поверхневих відкладів, зокрема міста Чернівці, висвітлено її інформативність як індикатора геохімічного забруднення ґрунтового покриву, валовий вміст важких металів у ґрунтах міста та кореляційні зв'язки між частотною залежністю магнітної сприйнятливості. В [9] показано,

що 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 застосовувати метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), при цьому розглянуто фізичні передумови застосування методу, викладено основні постулати класифікації аномалій напруженості поля, розроблено підхід для оцінки глибинності. В [10] показано характеристики напружено-деформаційного стану літосфери Землі за даними моделювання геопалеорекострукцій в геологічному часі, представлена інтерпретація ролі гравітаційно-ротаційних сил у формуванні глобального поля деформацій і напружень як наслідок трансформації фігури поверхні літосфери Землі. Отримані результати можуть використовуватись при вивченні планетарних характеристик нашої планети, динаміки їх змін в часі та глобального напружено-деформованого стану. Деформації земної поверхні відображають процеси глибинної динаміки Землі, які виникають в результаті поступово-обертового руху планети в просторі. Деформації розподіляють згідно із їх змінами в часі, за розподілом на різноманітні просторові зміщення: вони можуть бути віковими, періодичними та епізодичними, а також, розрізняють глобальні, регіональні та локальні деформації [11]. Необхідно виділити тектонічні чи техногенні рухи із усього спектра зареєстрованих переміщень земної поверхні, потрібно вилучити їх гідрометеорологічну складову, оскільки одним із видів метеорологічного впливу на динаміку земної поверхні та реперів є об'ємні деформації набряклих ґрунтів внаслідок варіації їх вологості, що зумовлюють сезонні вертикальні рухи, величина яких залежить від фізичних та мінералогічних властивостей ґрунту, особливостей навколишнього середовища та амплітуди річних коливань температури і вологи [12]. В [13] запропонований комплекс геофізичних методів, який дозволяє з високою достовірністю спрогнозувати зони ймовірних карстових провалів, що дозволить здійснити запобіжні заходи для мінімізації наслідків розвитку карстопровальних ситуацій геологічного характеру. На основі виконаних досліджень в [14] можна припустити, що кореляційний взаємозв'язок між горизонтальними деформаціями визначеними за даними ГНСС і узагальненою сейсмічністю проявляється тільки у зонах субдукції, де є інтенсивна сейсмоактивність і мають прояви постійних деформацій земної кори, що підтверджується проявом зон кореляцій, які розташовані вздовж однієї зі сторін активних розломів. На підставі аналізу інформації про геодинамічну і сейсмотектонічну ситуацію в районі майданчика розташування проєктованих споруд встановлено положення потенційних сейсмоактивних зон, в яких можуть виникати місцеві землетруси та визначено сейсмотектонічний потенціал найближчих до майданчика сегментів

розломів в термінах максимальних магнітуд [15]. В [16] визначено взаємозв'язки між структурно-тектонічними особливостями будови центральної частини Закарпатського прогину, сучасним геодинамічним розвитком фундаменту регіону та особливостями поширення сейсмічних хвиль і формування вогнищ локальних землетрусів, показано, що вплив магматичних порід Вигорлат-Гутинського вулканічного пасма значно зменшує час пробігу сейсмічних хвиль у осадовому шарі та частково у фундаменті. Результати описаних в [17] досліджень дають можливість уточнити геолого-структурні особливості будови земної кори Закарпаття, правильно інтерпретувати просторовий розподіл геофізичних полів та розшифрувати особливості місцевої геодинаміки і сеймотектонічного процесу, уточнювати рівень та характер геоecологічних небезпек, ефективніше прогнозувати і досліджувати глибинно-просторовий розподіл корисних копалин. В [18] оцінено передбачення магнітуди, глибини джерела і координат епіцентру продемонстровані на різних компонентах записів землетрусів для тимчасових вікон різної довжини, також запропоновані алгоритми, які можуть бути застосовані при автоматичній обробці сейсмічної інформації, прогнозі сейсмічної небезпеки, що передбачає пряме оперативне втручання сейсмологічних служб в оцінку сейсмічної небезпеки. Виявлено характерні особливості сейсмодеформаційних сигналів при вибухах, відпрацьована методика їх аналізу, вказано на актуальність дослідження фундаментально-прикладних проблем [19]. Підняття Карпатської споруди внаслідок ізостазії, відбулося його розчленування діагональними, поперечними і поздовжніми зміщеннями, вказано, що в сучасний період обстановка тангенціального стиснення в Карпатах зберігається, про яке свідчать поля стиснення по тектонофізичних і сейсмологічних даними, в верхній частині кори накладається розтягнення під дією гравітаційних сил [20]. На території Закарпаття проводилися дослідження на основі моніторингу геофізичних полів, де вивчено гідрогеологічний аспект сеймотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині [21], тобто суттєвий вплив на ці процеси саме гідрогеологічних станів. Досліджувалися геофізичні та астрофізичні аспекти екологічного стану Закарпаття, де вказано на взаємозв'язок астрофізичних та геодинамічних параметрів на сеймогенеруючих геологічних структурах [22]. Параметри магнітного поля Землі вивчаються на теренах Закарпатського внутрішнього прогину тривалий період та в багатьох місцях, зокрема на режимній геофізичній станції, «Тросник». Виявлено зв'язок вектора магнітної індукції магнітного поля Землі та сучасних горизонтальних рухів кори, які впливають на геодинаміку регіону, підвищення сейсмічності Закарпатського внутрішнього прогину [23]. Для вирішення поставлених в роботі завдань, було використано Інтернет ресурси [24, 25].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. В даній статті продовжується пошук розв'язків задачі вивчення астрофізичного стану, через характеристики сонячної активності, геомагнітного індексу, дослідження геодинамічного стану регіону. Вивчення просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності проводиться постійно, відомо, які періоди року є найбільш активними в сейсмічному відношенні. Варіації параметрів астрофізичного стану вивчалися і в попередні роки, при цьому змінювалися спостережувані параметри від параметрів Місяця до параметрів Сонця. Було виявлено, що сейсмічна активність регіону безпосередньо залежить від положення Місяця на небосхилі; знаходячись на території, що є сейсмоактивною, він може гравітаційною взаємодією вплинути на рухи кори, які акумулюють геомеханічну енергію, що при певних геофізичних умовах може вивільнитися через місцеві землетруси. Також було вказано на існування зв'язку між спостережуваними параметрами Сонця та процесів на Землі. Продовження дослідження цих зв'язків важливе в плані статистики та пошуку нових методик аналізу результатів спостереження.

Новизна. У статті проведено дослідження параметрів геодинамічного стану середовища, вимірюючи сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому, сейсмічності в Закарпатському внутрішньому прогині за 2022 рік. Також при вирішенні поставленої мети було використано відомості про варіації параметрів Сонця через Інтернет-ресурси: сонячної активності, геомагнітного індексу за 2022 рік. Також при вивченні зв'язків було розраховано кінематичні параметри сучасних горизонтальних рухів кори, представлено вікові ходи деформацій за досліджуваний рік. Вказано, що інтервали інтенсивних рухів кори співпадають із аномальними варіаціями сонячної активності та впливають на величини геомагнітного індексу, вказуючи на складний механізм взаємовпливу параметрів геодинамічного та астрофізичного станів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Проведені наукові роботи в сейсмонебезпечних регіонах по виявленню взаємозв'язків між геофізичними полями необхідні в плані отримання загальної картини сеймотектоніки регіону, їх варіацій в періоди підвищення сейсмічності регіону, динамічними рухами кори та їх наслідками для екології регіону. Вивчення варіацій параметрів геомагнітного індексу який пов'язаний з магнітним полем Землі, доповнює отриману раніше інформацію про реагування вектора магнітної індукції магнітного поля Землі на інтенсивні рухи кори та сейсмічні події. Отримані результати мають загальнонаукове значення, оскільки можуть бути використані фахівцями різних наукових напрямків. Також вони можуть бути рекомендаціями до вирішення проблем екологічного стану Закарпаття, або інших сейсмонебезпечних територій

Викладення основного матеріалу. Протягом 2022 року на території Карпатського регіону підрозділами НАН України ведуться роботи по спостереженню варіацій параметрів геофізичних полів, місцевої сейсмічності, зміщень верхніх шарів земної кори (рис. 1).

На рисунку 1 зображено розташування геофізичних, сейсмічних та деформометричних пунктів спостережень, температурами повітря в січні та липні, просторовий розподіл атмосферних опадів в досліджуваному регіоні. Зокрема сейсмічність визначаємо за сейсмічними бюлетенями отриманими на режимній геофізичній станції «Тросник», сучасні рухи кори вимірюються на пункті деформометричних спостережень «Королеве» Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Методика обробки та аналізу рядів спостережень полягає в побудові часових залежностей сонячної активності від часу в місячному діапазоні протягом 2022 року, відтворення картини сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому; порівняння кривих рядів спостережень на

предмет виявлення подібності графіків в інтервалі часу. Порівнюються варіації геомагнітної індукції із сонячною активністю та динамікою рухів корив центральної частині Закарпаття.

Січень 2022 року. На рисунку 2, а представлено часовий розподіл сонячної активності(сонячні плями) за досліджуваній місяць.

Крива сонячної активності за січень 2023 року має максимум в другій половині місяця та періодичності із періодами 3–4 доби. Представлено рухи кори та сонячну активність (рис. 2,б): в січні 2022 року загальне зміщення кори становило 0 км, Середньодобова величина сонячних плям становить 143.

Аналізуючи представлений комплексний графік, важливо відмітити кореляцію кривих: мінімуми сонячної активності припадають на періоди характерні розширеннями порід. Розглянуто залежність геомагнітного імпульсу від часу в комплексі геофізичних та астрофізичних досліджень (рис. 3,а).

Крива варіацій геомагнітного індексу корелюється із сонячною активністю: підвищення сонячної активності супроводжується зростання величини геомагнітного індексу, зміна геомагнітного імпульсу корелюються із періодами знакозмінних процесів

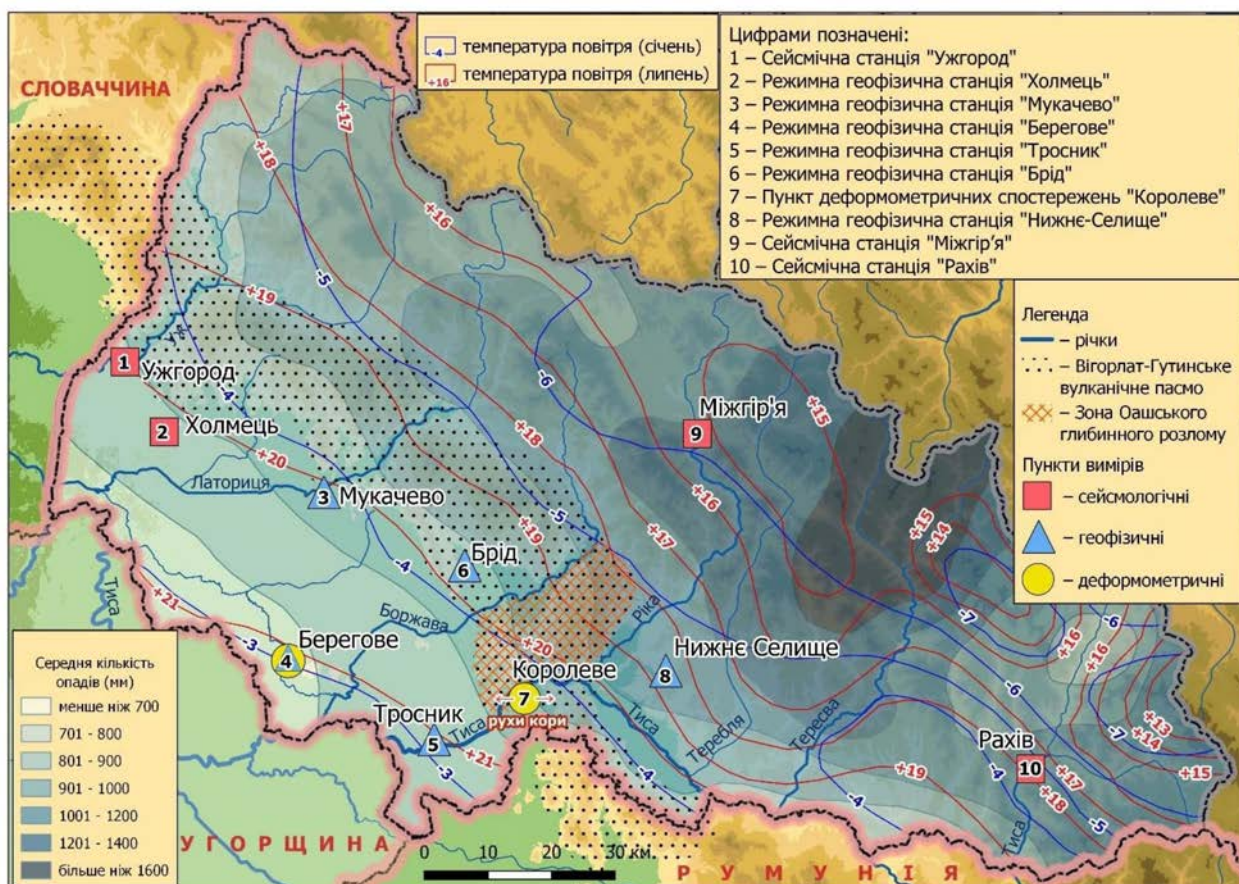


Рис. 1. Розташування пунктів геофізичних, сейсмологічних та деформометричних спостережень Відділу сейсмічності Карпатського регіону та Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України в Закарпатському внутрішньому прогині

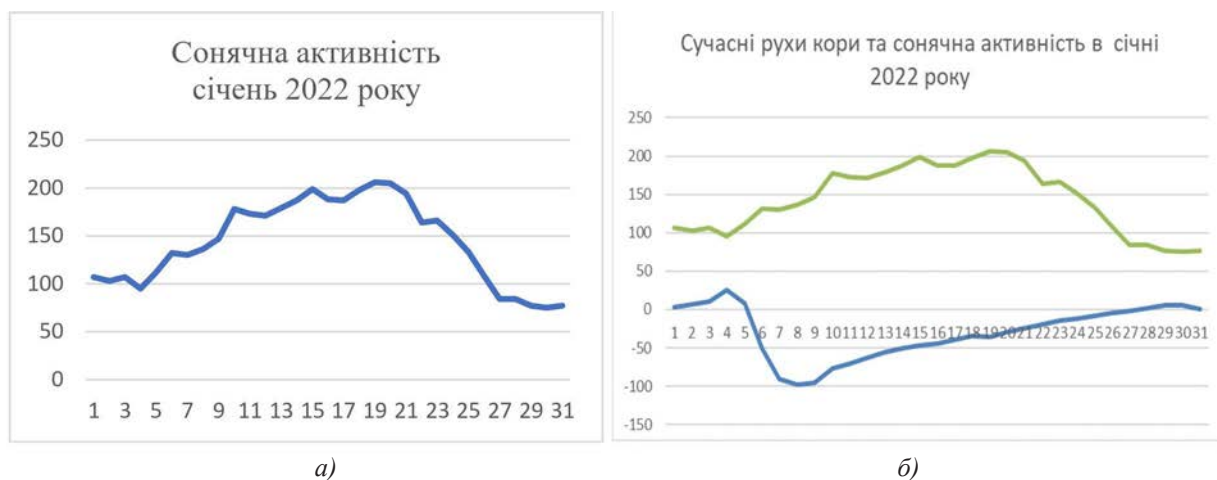


Рис. 2. а) Сонячна активність в січні 2022 року; б) Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та сонячна активність в січні 2022 року

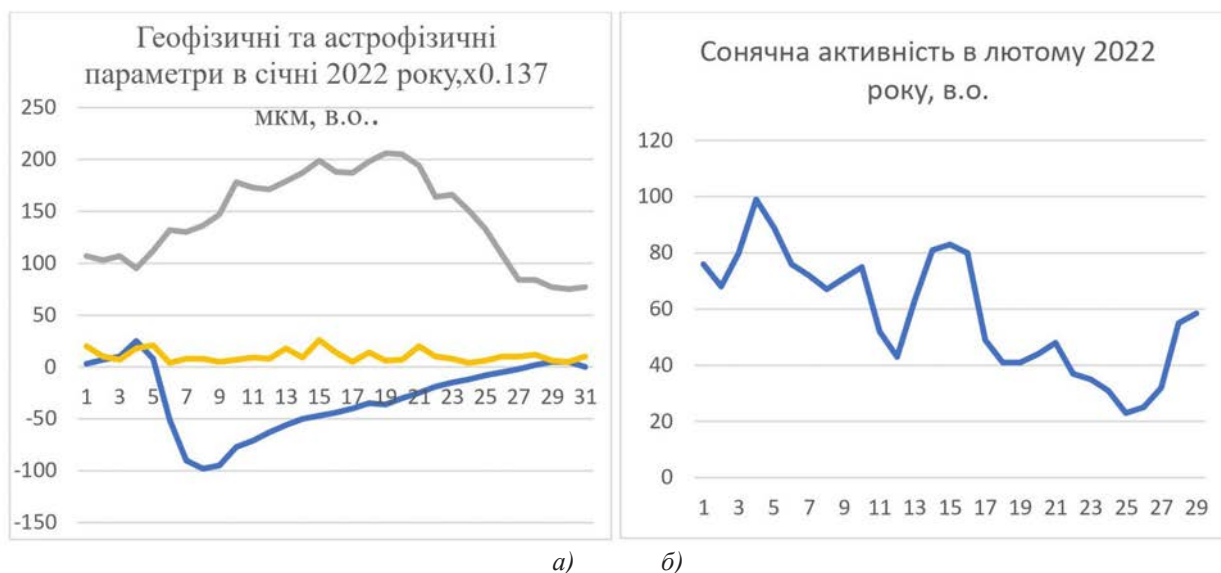


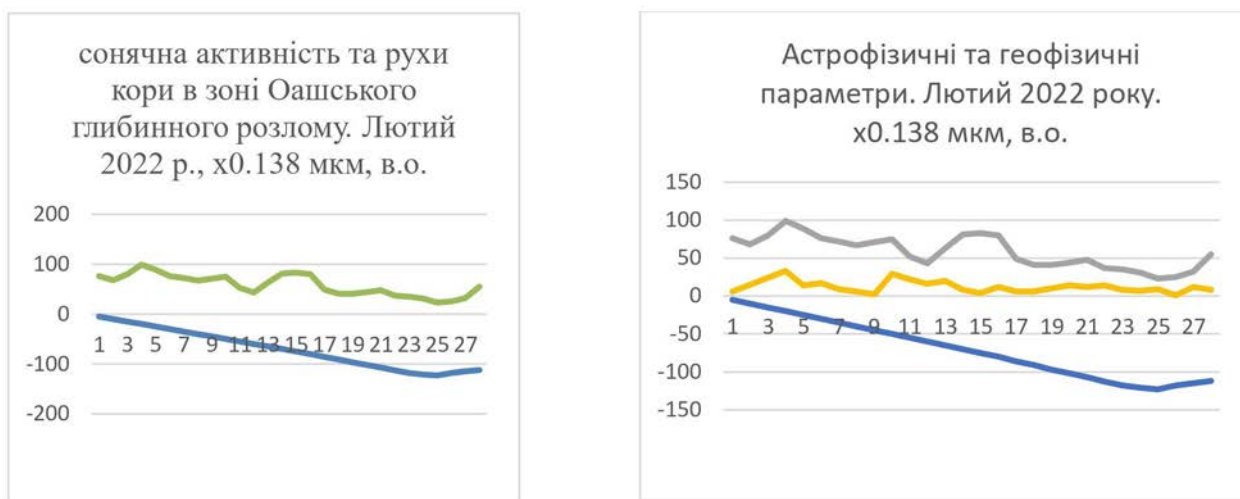
Рис. 3. а) Рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому(крива синього кольору), Сонячна активність (крива сірого кольору), геомагнітний індекс(крива жовтого кольору); Закарпатський внутрішній прогин. Січень 2022 року; б) Сонячна активність в лютому 2022 року

в рухах кори. Тривале розширення порід супроводжується інтенсивними змінами геомагнітного індексу.

Проведений аналіз рядів спостережень, зроблено висновки та представлено пропозиції виконання наукових досліджень, для цього наведено алгоритм дослідження на прикладі січні 2022 року, подібні дослідження та аналіз виконано для всього часового інтервалу. **Лютий 2022 року.** Сонячна активність в лютому місяці представлена на рисунку 3,б. Середньодобова величина сонячної активності становить 58. Аналіз графіку показує на тенденцію зниження числа сонячних п'ятен протягом місяця, виділяються періодичності тривалістю: 5в7 діб, мінімум – 20, максимум – 100. В порівнянні і минулим місяцем активність впала в двічі. Розглянуто сучасні рухи кори в регіоні, виміряні на пункті деформометричних

спостережень в смт Королеве (Закарпатська обл., Березівський район)та розподіл сонячної активності в цей період (рисунок 4,а).

В лютому 2022 року горизонтальні рухи кори виміряні в зоні Оашського глибинного розлому становить стиснення порід величиною: -6.3×10^{-7} . Аналізуючи зв'язок кривих представлених на рисунку 4,а необхідно відмітити кореляцію. Стиснення порід супроводжується зменшеннями сонячної активності. Також встановлено знакозмінний процес наприкінці місяця. Таким чином, зменшення сонячної активності відбувається поряд із стисненнями порід, підвищення-розширеннями порід. Важливо розглянути зв'язок представлених астрофізичних та геофізичних полів із геомагнітним індексом в цей період (рис. 4,б). Проведений аналіз наведеного вище комплексного графіку приводить до висновків. Сонячна активність в лютому 2022 році в певних інтервалах



а)

б)

Рис. 4. а) Сонячна активність (крива зеленого кольору) та сучасні горизонтальні рухи кори (крива синього кольору) в зоні Оашського глибинного розлому в лютому 2022 року; б) Астрофізичні та геофізичні параметри. Лютий 2022 року. $\times 0.138$ мкм, в.о. (сонячна активність – крива сірого кольору, сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому – крива синього кольору, геомагнітний індекс – крива жовтого кольору). Лютий 2022 рік

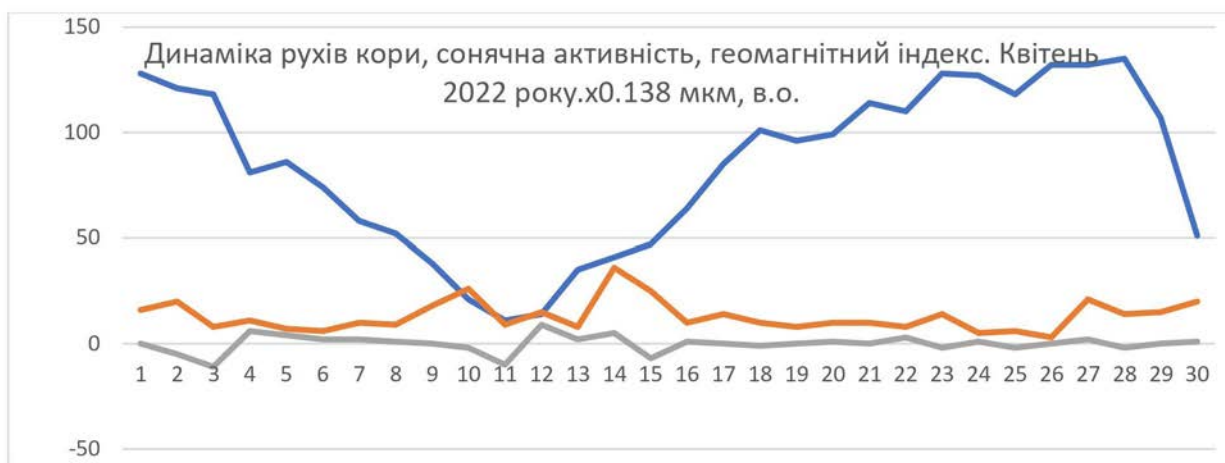


Рис. 5. Динаміка рухів кори (крива сірого кольору), сонячна активність (крива синього кольору), геомагнітний індекс (крива жовтого кольору). Квітень 2022 року

часу корелює між собою: в загальному криві корелюють між собою -зменшення сонячної активності супроводжується зниженням величини геомагнітного індексу. Теж саме можна відмітити щодо сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та геомагнітного індексу: сучасні рухи кори в процесі стиснення порід супроводжуються зменшенням величини геомагнітного індексу. Таким чином, сонячна активність лінійно впливає на геомагнітний індекс, в свою чергу рухи кори характерні зменшенням динамічних характеристик. **Квітень 2022.** Геомагнітний індекс та сонячна активність: геомагнітний індекс динамічно змінюється при мінімумі та максимумі сонячної активності в цей період. Періоди зміни сонячної активності та рухів кори корелюються між собою. Для вивчення впливу динамічних

характеристик на зв'язок геофізичних та астрофізичних полів використано прискорення сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому (рис. 5).

Використання прискорення рухів замість зміщення земної кори показує наглядно зв'язок геомагнітного індексу із геодинамікою регіону. Аналіз графіків на рисунку 5 показав: зміни сонячної активності супроводжуються підвищеними величинами прискорення рухів кори. Стиснення порід та їх динаміка корелюється із геомагнітним індексом: підвищення геомагнітного індексу супроводжується стисненнями кори та деяким невеликим часовим запізненням тривалістю в 1–2 доби. Таким чином, геомагнітний індекс є індикатором та провісником інтенсивних рухів кори в регіоні, що підтверджується фізичними аспектами, зокрема варіаціями магнітного поля Землі.

Головні висновки. За результатами спостережень та досліджень геодинамічного та астрофізичного стану можна зробити такі висновки. Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину є періодичною, протягом 2022 року на території Закарпаття зареєстровано 12 місцевих землетрусів, на фоні загальної кількості в Карпатському регіоні (52 підземних поштовхи.) Сучасні рухи кори, виміряні на пункті деформометричних спостережень «Королеве» представлені стисненнями порід величиною: -10.87×10^{-7} , зміщення порід становить: -30.9 мкм. Сонячна активність та рухи кори: варіації сонячної активності в 2022 році та прискорення рухів кори корелюються між собою-невеликі амплітудні зміни сонячної активності супроводжуються за кілька діб аномальними рухами кори, зміни сонячної активності у більших масштабах супроводжуються вищими величинами прискореннями сучасних горизонталь-

них рухів кори. Геомагнітний індекс реагує на аномалії в рухах кори та варіації сонячної активності. Таким чином, спостерігається зв'язок параметрів астрофізичного стану на геодинамічний стан регіону, який є одним із визначальних чинників екологічного стану навколишнього середовища.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати досліджень важливі в перспективних прогностичних роботах присвячених пошуку методик визначення критичних умов прояву напружено-деформованого стану порід. Як видно важливо мати на увазі також варіації параметрів астрофізичного стану, зокрема параметрів руху Місяця та його фізичних характеристик, оскільки він може впливати на сейсмотектонічні процеси в сейсмогенеруючих регіонах. Результати можна використати при підготовці моделі екологічного стану регіону та визначення чинників його погіршення.

Література

1. Вижва З., Демидов В., Вижва А. Статистичне моделювання випадкового поля на плоскій області з кореляційною функцією типу Уіттлі-Матерна в геофізичній задачі моніторингу довкілля. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2019. 3(86). С. 55-61. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.86.08>
2. Національна база даних зсувних процесів: принципи розробки, упровадження та застосування для оцінки зсувної небезпеки регіонального і локального рівня / Іванік О., Шевчук В., Кравченко Д., Гадяцька К. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2019. 3(86). С. 70-74. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.86.10>
3. Гетманець О., Некос А., Пеліхатий М. Кластерний аналіз і радіаційний моніторинг довкілля. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2019. 3(86). С. 75-79. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.86.11>
4. Геостатичний аналіз атмогеохімічного поля в приземному шарі атмосфери північної України (за даними бріогеохімічної індикації) / Тютюнник Ю., Шабатура О., Блюм О., Дауніс-і-Естадел'я Д. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2019. 3(86). С. 80-89. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.86.12>
5. Геологічні /геотуристичні об'єкти Закарпатської області як відображення геологічної історії Карпат / Тютюнник Ю. та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія,* 2019. 4(87). С. 6-13. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.87.01>
6. Багаторічна мінливість абсолютних річних мінімумів стоку води річок України / Ободовський О., Лук'янець О., Почаєвець О., Москаленко С. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 4(87), 2019. С. 89-95. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.87.13>
7. Обґрунтування доцільності застосування геоінформаційних систем у ландшафтно-екологічному моніторингу / Зацерковний В. та ін. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. 1(88). С. 98-105. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.88.14>
8. Бондар К., Сачко А., Цюпа І. Оцінка антропогенного забруднення поверхневих відкладів міста Чернівці за магнітною сприйнятливостю та вмістом важких металів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. 2(89). С. 71-78. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.89.10>
9. Багрій С., Кузьменко Е., Дзьоба У. Зв'язок природного імпульсного електромагнітного поля Землі з напруженнями та деформаціями гірських порід на відпрацьованих родовищах солі в Передкарпатті в задачах прогнозування розвитку карсту. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2020. 2(89). С. 79-88. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.89.11>
10. Церклевич А.Л., Шило О.М., Шило С.О. Змінні фігури Землі – геодинамічний фактор напружено-деформованого стану літосфери. *Геодинаміка.* 2019. 1(26). С. 28-42. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.01.028>
11. Визначення тензора швидкостей горизонтальних деформацій в Західній Україні / Марченко О.М. та ін. *Геодинаміка.* 2019. 2(27). С. 5-17.
12. Павлик В.Г., Кутній А.М., Кальник О.П. Особливості впливу сезонних варіацій вологи ґрунту на вертикальні рухи земної поверхні. *Геодинаміка.* 2019. 2(27). С. 16-23.
13. Комплексування методів електророзвідки у задачах прогнозування техногенних просідань і провалів на родовищах солі Передкарпаття / Кузьменко Е.Д. та ін. *Геодинаміка.* 2019. 2(27). С. 54-65.
14. Третяк К.Р., Брусак І.В. Дослідження взаємозв'язку сейсмічності та сучасних горизонтальних зміщень за даними перманентних ГНСС-станцій у Карпато-Балканському регіоні. *Геодинаміка.* 2020. 1(28). С. 5-18.
15. Вплив локальних сейсмотектонічних та інженерно-геологічних умов на сейсмічну небезпеку територій (на прикладі майданчика забудови в м. Ужгород) / Купльовський Б.Є. та ін. *Геодинаміка.* 2020. 1(28). С. 29-37.
16. Взаємозв'язок структурно-тектонічних та сейсмічних характеристик Центральної частини Закарпатського прогину / Козловський Е.М. та ін. *Геодинаміка.* 2020, 1(28). С. 62-70.

17. Походження зон низької густини в кристалічній корі Закарпатського прогину (Україна) за даними петрофізичного термобаричного моделювання / Корчін В.О., Русаков О.М., Буртний П.О., Карнаухова О.Є. *Геодинаміка*. 2020. 1(28). С.81-93.
18. Нейромережева оцінка параметрів локалізації і магнітуди джерел землетрусів за початковими ділянками записи сейсмічного сигналу / Лазаренко М.А. та ін. *Геофізичний журнал*. 2019. 41, 1. С. 200-214. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158874>.
19. Шляховий В.П., Шиян Р.В., Шляховий Р.В. Дослідження Полтавських сейсмоприпливних записів в період подій-вибухів в Балаклії і Калинівці. *Геофізичний журнал*. 2019 41(1). С. 215–230. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158876>
20. Муровська А.В., Амашукелі Т. А., Альохін В. Поля напружень і деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофізичний журнал*. 2019. 41(2). С. 84-98. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164455>
21. Гідрогеологічний аспект сейсмотектонічних процесів у Закарпатському внутрішньому прогині / Ігнатишин В.В. та ін. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2022. 98(3). С. 42-48. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.98.05>
22. Геофізичні та астрофізичні аспекти екологічного стану Закарпаття / Ігнатишин В.В. та ін. *Екологічні науки: науково-практичний журнал* / Головний редактор Бондар О.І. К.: Видавничий дім «Гельветика». 2022. № 3(42). 236 с. С. 98-106. УДК 550.34 <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.16>
23. Магнітне поле Землі та геодинамічний стан Закарпатського внутрішнього прогину: екологічний аспект / Ігнатишин В.В. та ін. *Екологічні науки : науково-практичний журнал* / Головний редактор Бондар О.І. К. : Видавничий дім «Гельветика». 2023. № 1(46). 210 с. С.109-118 <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.19>
24. Sunspot Number graphics URL: <http://www.sidc.be/silso/ssngraphics>).
25. Місячний календар URL: <http://space.vn.ua/inshe/inshe-moon.html>