

Розв'язування системи лінійних рівнянь добре знайоме з курсу вищої математики. Обчислення коефіцієнтів зазначеної матриці називають настроюванням петрофізичних (петрогеофізичних) моделей. Звичайно що їх достовірність буде визначатись якістю вхідних матеріалів петрофізичних та геофізичних досліджень. Для отримання стійких рішень рекомендується ітераційна технологія пошуку параметрів від більш простих до складних моделей. Приклад визначення компонентного складу породи за даними ІННК по свердловині Леляківська, 503, наведено на рис. 1.

Література

1. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М.: Гостоптехиздат, 1955. 492 с.
2. Archie G. E. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Petroleum Technology, 1942, 1, 55 - 67.
3. Wyllie M. R., Gregory A. R., Gardner L. W. Elastic well velocities in heterogeneous and porous media. Geophysics, 1956, №21, 41 - 70.
4. Методические рекомендации по определению подсчетных параметров залежей нефти и газа по материалам геофизических исследований скважин с привлечением результатов анализов керн, опробования и испытания продуктивных пластов. / Под ред. Б. Ю. Вендельштейна, В. Ф. Козяра и Г. Г. Яценко. Калинин: НПО "Союзпромгеофизика", 1990. - 262 с.
5. Элланский М. М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. - М.: Недра, 1978. - 216 с.
6. Кобранова В. Н. Петрофизика. М.: Недра, 1986. - 392 с.
7. Миколаевский Э.Ю., Сохранов Н.Н. Литопетрофизические модели разрезов нефтегазовых скважин по данным ГИС. Каротажник, вып. 77. Тверь, 2000. с. 85-98.
8. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. М.: Недра, 1993.
9. Курганский В.Н. Петрофизические и геофизические методы изучения сложнопостроенных карбонатных коллекторов нефти и газа. Киев, Карбон Лтд, 1998. – 167 с.
10. Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.Н. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. М., Недра, 1978, 318 с.

УДК 550.34

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМІЧНОСТІ І СЕЙСМОТЕКТОНІЧНОГО ПРОЦЕСУ В ЗАКАРПАТТІ: НОВИЙ ПОГЛЯД НА СЕЙСМОЕКОЛОГІЧНУ НЕБЕЗПЕКУ РЕГІОНУ

Л.Є.Назаревич

*Карпатська дослідно-методична геофізична партія ІГФ НАНУ
79053, м. Львів, вул. Наукова, 3-б, тел./факс.: (0322) 64-85-63
E-mail: nazarevych_a@cb-igph.lviv.ua*

Unificated spectral-energetic characteristic of carpathian earthquakes – cripex, its spatial widening in the region and connection with depth geotermic flow as well as its influence on seismoecological danger of the territory was staded.

Вступ

Закарпаття порівняно з іншими сейсмічними регіонами України характеризується значними особливостями будови і геодинаміки літосфери [1]. Його відзначають тонка (близько 27 км.) і розчленована численними розломами на дрібні блоки земна кора, високий (90-110 мВт/м²) глибинний тепловий потік, активні і диференційовані (від опускань до піднятть) вертикальні і горизонтальні (стиск в антикарпатському напрямку) рухи, значна (до 7-8 балів) сейсмічність з неглибокими (до 12-16 км.) гіпоцентрами землетрусів. В глибинах тектоносфери регіону (за даними сейсмічних і магнітотелуричних зондувань) виявлено потужний астеносферний шар, процеси в якому, за сучасними даними [2], і спричиняють спостережуваний сьогодні геодинамічний режим літосфери. Геологічними особливостями регіону є також наявність вулканічних структур (Вигорлат-Гутинська гряда і численні поховані вулкани) і прошарів (андезити, туфи), потужних (до 2,5 км. і більше) осадових товщ в палеокальдерних утвореннях, інших специфічних геологічних об'єктів.

Така складна геологічна будова і геодинаміка літосфери Закарпаття спричиняє ряд особливостей в сейсмотектонічному процесі даного регіону [1]. Важливими характеристиками сейсмічного процесу в Закарпатті є енергетичні параметри місцевих землетрусів – магнітуда, інтенсивність, енергетичний клас. Саме ці величини покладені в основу сейсмічного районування – визначення ступеня сейсмонезбезпечності окремих районів з урахуванням максимального здригання (бальності) і величин відповідних впливів на інженерні споруди, а часово-просторові варіації цих характеристик є основою сейсмічного прогнозу.

Нові загальні фізико-енергетичні характеристики сейсмічного процесу

Проблема уніфікованого відображення сейсмічного процесу, придатного для розв'язання різних наукових і прикладних завдань, доволі складна. З фізичної точки зору сейсмічний процес складається з окремих актів розриву суцільності в масивах порід земної кори (землетрусів) і спричинює незворотні деформації, а з геологічної точки зору регіональний сейсмотектонічний процес також не є чисто статистично випадковим і несе в собі певну загальну спрямованість, зумовлену геодинамікою тектоносфери регіону. З цього випливає, що вивчати сейсмотектонічний процес слід не тільки як статистичні ансамблі, а й як системи з внутрішньою організацією. Зв'язок сейсмічного процесу з середовищем є, поза всяким сумнівом, фізично детермінований, але, в силу певних причин (в першу чергу, наявності численних, складно взаємопов'язаних геофізичних процесів і різних додаткових факторів впливу) він надзвичайно складний для дослідження, особливо за допомогою самих тільки сейсмологічних методів. Весь сейсмічний процес диктується середовищем, і разом з тим властивості і структура середовища помітно змінюються під впливом сейсмічного процесу, особливо під впливом сильних сейсмічних подій. Лише в останній час завдяки комплексному аналізу накопичених різноманітних геофізичних даних з'явилась досить універсальна феноменологічна модель [3], в рамках якої полегшено розгляд даних процесів.

Розглянемо деякі сторони взаємодії сейсмічного джерела і середовища. Як параметр, який описує важливі сторони взаємодії сейсмічного процесу з середовищем [4], виступає логарифмічна міцність середовища в джерелі Q_{M-S} ($Q_{M-S} = M_{LH} - \lg S_0$, де S_0 – площа розриву), яка відображає спектральний склад випромінювання в джерелах землетрусів.

Ще однією з нових характеристик, які відображають спектрально-енергетичні особливості вогнищ землетрусів (а значить, і особливості фізики джерела), є кріпекс [5]. Кріпекс – це інтегральний коефіцієнт, який характеризує ступінь низькочастотності випромінювання вогнищевої зони конкретного землетрусу. Термін утворений від початкових частин англійських слів *speer* і *explosion*. Авторами цього терміну [5, 6] він визначений, як різниця між магнітудою високочастотної ділянки запису сейсмічних коливань (аналог магнітуди за S-хвилями M_{SH}) і ортогональною регресією M_{SH} на магнітуду низькочастотної ділянки запису цих коливань (аналог магнітуди за хвилями Лява M_{LH}). Оцінками магнітуд M_{SH} і M_{LH} по окремих станціях є величини з великими випадковими флуктуаціями через різні шляхи розповсюдження сейсмічних хвиль від сейсмічного джерела до сейсмічної станції, різні механізми джерела, різні діаграми спрямованості випромінювання. Ці випадкові флуктуації подавляються процедурою подвійного осереднення при визначенні кріпексу за даними мережі станцій, в результаті чого виявляється тектонічна природа сейсмічного джерела.

В останній час інтерес до дослідження спектральних особливостей землетрусів значно посилюється у зв'язку з концепцією так званих “повільних” і “глухих” землетрусів. Виявлення

Г.Березою і Т.Джорданом [7] в спектрі вільних коливань Землі “повільних” (slow) і “глухих” чи “тихих” (silent) землетрусів, переважна частка випромінювання яких лежить в низькочастотній і наднизькочастотній областях, дали змогу закрити білу пляму між повільними криповими тектонічними рухами і землетрусами взагалі. В Закарпатті нами на основі спектрально-фільтраційного аналізу даних прямих інструментальних методів (параметричних сейсмогеоакустичних і деформографічних) також виявлені інфранизькочастотні крипові мініземлетруси, зокрема такі, що передують звичайним місцевим землетрусам значної сили [8, 9], тобто є провісниковими явищами.

Тому дослідження сейсмологічними методами спектрально-енергетичних характеристик закарпатських землетрусів і оцінка впливу отриманих результатів на уточнення сейсмоекологічної небезпеки в регіоні є важливим і актуальним завданням.

Інтегральні спектрально-енергетичні характеристики карпатських землетрусів (кріпекс)

Отже, метою даної роботи є проведення вперше для карпатських землетрусів дослідження їх інтегральної спектрально-енергетичної характеристики – кріпексу, вивчення просторового розподілу кріпексу не тільки для районів Закарпаття, Передкарпаття, Буковини і Карпат, але й прилеглих до них пограничних територій Словаччини, Угорщини, Румунії, Польщі, оцінки статистичної значущості виявлених відмінностей, вивчення впливу глибинного теплового потоку на просторовий розподіл кріпексу і зумовлену ним сейсмоекологічну небезпеку.

Авторами введення параметр кріпексу [5] визначався, як співвідношення між магнітудою по об’ємних хвилях m_b (визначуваною на періодах ~ 1 с) і магнітудою по поверхневих хвилях M_S (на періодах біля 20 с). В дослідженнях кріпексу землетрусів Апенінського півострова [6] він визначався, як співвідношення між локальною магнітудою M_L (на періодах близько 0,5 с) і магнітудою за довжиною запису M_d (що еквівалентно для близьких землетрусів періодам 3-5 с).

В Карпатському регіоні для землетрусів раніше визначались тільки магнітуди за максимальним зміщенням в S-хвилі M_{SH} , і лише в останні роки почали визначатися магнітуди за довжиною сейсмічного запису M_D . Саме ці дані використані автором в даній роботі для визначення кріпексу карпатських землетрусів. Попередньо проведена оцінка зв’язку магнітуд M_{SH} і M_D з частотним складом сейсмічних записів. За даними аналізу цифрових сейсмограм видимі періоди S-хвиль для місцевих землетрусів з магнітудами M_{SH} 1,5-2,5 становлять 0,15-0,35 с, а видимі періоди в кодї цих землетрусів становлять 0,7-1,2 с. Отже, частотне співвідношення між магнітудами M_{SH} і M_D для землетрусів такої енергії становить приблизно 3-5.

Кріпекс для досліджуваного регіону обчислювався за формулою

$$C = M_D - (aM_{SH} + b) \quad (1)$$

де a і b - параметри ортогональної регресії.

Залежність магнітуди M_D від M_{SH} визначається такою формулою, виведеною на основі проведених автором раніше [10] статистичних досліджень оберненого зв’язку між магнітудами M_{SH} і M_D для землетрусів регіону

$$M_D = 0.491 + 0.784M_{SH}, \quad (2)$$

а, отже, кріпекс

$$C = M_D - 0.491 - 0.784M_{SH}. \quad (3)$$

Ще раз підкреслимо, що додатні значення кріпексу відповідають сейсмічним джерелам з відносно високим значенням магнітуди M_D , тобто з більшим випромінюванням енергії на низьких частотах. Від’ємні значення кріпексу відповідають сейсмічним джерелам з відносно високим значенням M_{SH} , тобто з переважаючим випромінюванням сейсмічної енергії на високих частотах.

За даною методикою розраховано значення кріпексу для більш як 130 землетрусів регіону, всього до обробки залучено близько 500 пар визначень магнітуд за даними окремих станцій. Аналізуючи отримані значення кріпексу для Карпатського регіону, можна сказати, що розкид значень лежить в межах від -1 до $+1$, що є доволі великим в порівнянні, наприклад, за такого сейсмоактивним районом Європи, як Апенінський півострів, де також був проаналізований кріпекс [6], і діапазон значень якого становив від $-0,8$ до $+0,75$. Більша кількість значень кріпексу в Карпатському регіоні припадає на додатні значення, дещо менша виборка значень від’ємного кріпексу. Серед додатних величин найбільшу кількість має значення $+0,15$ (13 значень), $+0,1$ (10

значень), +0,25 (8 значень), а серед від'ємних значень найбільшу кількість має значення -0,35 (10 значень), а такі значення як -0,2, -0,25, -0,3 мають по 8 значень.

Середнє значення кріпексу по Карпатському регіону України становить +0,02, тобто мало чим відрізняється від середнього по цілому північно-східному сектору Карпатської гірської системи. Середні значення кріпексу по інших пограничних з Закарпаттям регіонах розподілені так: Угорщина - +0,26, Румунія - -0,09, Словаччина - +0,28.

Отже, зі сказаного вище можна зробити такий висновок – в Угорщині і Словаччині домінують землетруси з “м'яким” типом зміщення в джерелі, їм властиві м'які рухи типу крипових, що є характерним для “старого” сейсмогенезу (підготовлених попередніми землетрусами ослаблених порушеннями розломних зон, де наступні землетруси відбуваються вже при незначних величинах накопичених напружень). Навпаки, для землетрусів на румунській території характерні здебільшого різкі зміщення в джерелі, що властиве “молодому” сейсмогенезу (землетрусам в непорушених монолітних консолідованих породах, де накопичуються значні тектонічні напруження). В частотних спектрах випромінювання землетрусів Українських Карпат присутні як височастотне жорстке випромінювання (вогнища з жорстким типом зміщення), так і низькочастотне “м'яке” випромінювання (вогнища кріпексного типу).

Для порівняння з світовими даними можна сказати, що додатний кріпекс спостерігається в зонах спредингу, і його значення коливається від +0,5 у Південно-Тихоокеанському піднятті до +0,07 у Індійському хребті, від'ємне значення кріпексу мають зони субдукції, і його значення коливається від -0,26 у Зондському жолобі до -0,02 в Маріанському і Бонінському жолобах, тільки одна зона субдукції – Центрально-американський жолоб має додатний кріпекс [11].

Детальніше розглянемо просторові варіації кріпексу в Карпатському регіоні у зв'язку з глибинним тепловим потоком. Зона низьких теплових потоків, числове значення яких складає 30-50 мВт/м², охоплює південно-західний схил Східно-Європейської платформи і більшу частину Передкарпатського прогину [1], що добре корелює з від'ємними значеннями кріпексу на даній території. Зони високих латеральних градієнтів глибинного теплового потоку (від 120 мВт/м² до 85 мВт/м²) спостерігаються в Закарпатському прогині, Панонській депресії і Мармарошському масиві, що добре співставляються з додатними значеннями кріпексу в даних регіонах. Зона вираженого додатного кріпексу наявна в Словацьких Татрах, де також спостерігається латеральний градієнт теплового потоку, правда, дещо менший (від 70 до 50 мВт/м²).

Проаналізуємо просторовий розподіл кріпексу для окремих сейсмогенних районів. Такі сейсмогенні райони Румунії, як Сигет, Бая-Маре, Деж, Клуж, характеризуються переважно додатними значеннями кріпексу. А райони, розташовані на південний захід та захід від міста Клуж (гори Апусені і східна окраїна Панонської депресії – райони Орадя і Карей), мають від'ємні значення кріпексу. Сейсмогенні райони північної Угорщини (райони міст Дебрецен, Мішкольц, Ньиредьхаза) мають додатні значення кріпексу. Землетруси в цих зонах приурочені до діагональної розломної тектоніки, яка простягається нахрест Карпатській дузі. Землетруси східної Словаччини мають також переважно додатний кріпекс і їх епіцентри також приурочені до діагональних та меридіональних розломно-тектонічних структур. Землетруси на кордоні між Словаччиною і Польщею також мають додатний кріпекс і відносяться до тектонічних структур меридіонального типу та тектонічних вузлів.

Що стосується землетрусів Закарпаття, то тут мають місце дуже складні просторові варіації кріпексу. В найбільш сейсмоактивних районах субрегіону майже поряд наявні як додатні, так і від'ємні значення кріпексу, що очевидно, пов'язано зі складною глибинною будовою літосфери і особливостями геодинамічного процесу в ній. Тому детальний просторовий аналіз кріпексу землетрусів Закарпаття у зв'язку з місцевою тектонікою та геодинамікою буде проведений після максимального уточнення параметрів гіпоцентрів місцевих землетрусів з використанням створеного автором за даними глибинних сейсмічних зондувань у Закарпатті розрахункового Закарпатського годографа [12].

Кріпекс карпатських землетрусів і сейсмоекологічна небезпека

Вплив сеймотектонічного процесу на екологічну небезпеку в Карпатському регіоні з точки зору традиційних підходів проаналізовано нами [13] та іншими авторами [14] раніше. При цьому основну увагу зверталось на безпосередній ризик від землетрусів [13] і тектонічних деформацій, а також на пов'язану з сейсмічністю активізацію таких явищ, як зсуви і селеві потоки [13, 14].

Тепер проаналізуємо нову, отриману в даній роботі інформацію про спектрально-енергетичні характеристики карпатських землетрусів з точки зору інженерної сейсмології і геоекології. В

багатьох роботах стосовно цієї проблематики [15-17] були проведені порівняння між різними формами запису коливань ґрунту при землетрусах (включаючи аналіз прискорень, швидкостей і переміщень) з макросейсмічними ефектами від цих землетрусів. Було показано значний зв'язок між параметрами форми запису землетрусу і інтенсивністю сейсмічного здригання. В роботі Ю.Чернова [15] досліджено вплив форми сейсмічного сигналу та його спектрального складу на інтенсивність здригання, а, отже, і на макросейсмічний ефект від таких землетрусів, що підвищує точність оцінки сейсмічної небезпеки і сейсмічного ризику для конкретних територій і для різних інженерних споруд. Так, для звичайних землетрусів з інтенсивністю $I=4-8$ балів, частоти, відповідальні за основний макросейсмічний ефект, знаходяться в межах 1,3–10 Гц. А для “повільних” (низькочастотних) землетрусів (які характеризуються значним додатним кріпексом), найбільший макросейсмічний ефект викликають коливання з частотами 0,5-2 Гц. При цьому специфічним є і характер дії таких землетрусів на інженерні об’єкти. Якщо звичайні землетруси з жорстким високочастотним випромінюванням діють зазвичай за рахунок сейсморадіаційних сил і динамічних навантажень, викликаних значними прискореннями і збудженням елементів конструкцій з високочастотними власними резонансами, то “кріпексні” землетруси діють в першу чергу за рахунок значно більших амплітуд низькочастотних коливань і додаткових навантажень, викликаних збудженням великомірних елементів конструкцій з низькочастотними власними резонансами. Власне такі особливості впливу багатьох руйнівних землетрусів на інженерні споруди неодноразово відзначалися раніше і описані в літературі. Так, наприклад, за результатами макросейсмічних та інженерно-сейсмологічних обстежень епіцентральної зони сильного 8-9-бального (1983 р.) Кум-Дагського землетрусу в Туркменистані (р-н Красноводська) [17] виявлено, що вплив його на інженерні конструкції з власними резонансними частотами, нижчими за 1 Гц, приблизно на 1 бал перевищував такий вплив на конструкції з власними резонансними частотами 1,5-2 Гц. Але тільки зараз, в результаті детального дослідження спектрально-енергетичних характеристик багатьох землетрусів з використанням високоточної цифрової сейсмічної апаратури з широким частотним діапазоном стало можливим на основі прямих даних пояснити і кількісно оцінити вказані особливості такого впливу.

Ще одним фактором додаткового ризику при землетрусах з вираженим додатним кріпексом є значні (порівняно з розрахованими на основі інструментальних сейсмологічних даних величинами сейсмодислокацій) величини повних деформацій в масивах порід в епіцентральної зоні. Так, для вже згаданого Кум-Дагського землетрусу [17] на основі розрахунків за макросейсмічними даними відношення між криповою і зривною (сейсмодислокаційною) складовими повної деформації в джерелі становить 5:1, а фактично воно виявилось ще більшим – ~1:15 (15-20 см – повне видиме зміщення по розриву і 1,5-1-0,5 см – істинні зміщення ґрунту, розраховані за сейсмограмою (тричотири імпульси з поступовим зменшенням амплітуди).

Висновки

1. Результатами численних сейсмологічних досліджень (базуючись на аналізі інструментально зареєстрованих, поряд зі звичайними, так званих “повільних” і “глухих” землетрусів) показано, що такі землетруси суттєво різняться між собою амплітудними спектрами сейсмічних коливань. Цими дослідженнями доведено, що інтегральним коефіцієнтом, який достатньо добре відображає вказані спектральні особливості землетрусів, може служити так званий коефіцієнт кріпексу (коефіцієнт енергетичної низькочастотності випромінювання).

2. Стандартне визначення кріпексу як відхилення M_S від ортогональної регресії M_S на m_b , а також його варіант з використанням магнітуд M_D і M_L , використовує оцінку співвідношення енергії землетрусів у високочастотній і низькочастотній ділянках спектра сейсмічних коливань.

3. Нашими дослідженнями кріпексу землетрусів Карпатського регіону, проведеними з використанням “високочастотних” магнітуд M_{SH} і “низькочастотних” магнітуд M_D , встановлено, що місцеві землетруси суттєво різняться між собою за значеннями кріпексу (тобто, за спектральними характеристиками сейсмічного випромінювання).

4. Оскільки від частотних характеристик сейсмічного випромінювання суттєво залежить його вплив на інженерні об’єкти, а також на провокування і активізацію інших екологічно небезпечних геодинамічних явищ (зсувів, обвалів, селевих потоків), які є суттєвими факторами сейсмоекологічної небезпеки в Карпатах, то такі обставини і фактори слід обов’язково враховувати при загальному і детальному сейсмічному районуванні в Карпатському регіоні, наприклад, шляхом введення відповідних поправочних коефіцієнтів частотності сейсмічного випромінювання і коефіцієнтів крипової деформації (відношення між криповою і зривною (сейсмодислокаційною)

складовими повної деформації в вогнищевій зоні) для окремих сейсмогенних зон, враховуючи наявність в регіоні, і в першу чергу в Закарпатті, землетрусів з вираженими додатними і від'ємними значеннями кріпексу.

У зв'язку з викладеним важливими і актуальними є подальші прямі детальні інструментальні дослідження проаналізованих вище нових спектрально-енергетичних характеристик карпатських землетрусів. Проведення таких досліджень на сучасному рівні стає можливим завдяки наявності в Карпатському регіоні України мережі режимних геофізичних станцій, оснащених комплексом сучасної цифрової сейсмічної, деформографічної, нахиломірної та іншої геофізичної апаратури.

Література

1. Карпатский геодинамический полигон / Под ред. Я.С.Подстригача и А.В.Чекунова.- М.: Сов.радио, 1978. – 127 с.
2. Литосфера Центральной и Восточной Европы / Под ред. А.В.Чекунова. - К.: Наук. думка.1987-1993.
3. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // Докл. АН СССР, 1979, т. 247, № 4, с. 829-831.
4. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. - М.: Наука, 1974. 54 с.
5. Прозоров А.Г., Хадсон Д.А. Зависимость между M_S и m_b от региональных условий и локальных взаимосвязей // Машинный анализ цифровых сейсмических данных. - М.: Наука, 1974.- С. 65-82. (Вычисл.сейсмология; Вып. 7).
6. Панц Дж.Ф., Прозоров А.Г. Обобщение определения кривекса на магнитуды слабых землетрясений: Итальянский регион // Геодинамика и прогноз землетрясений.-М.: Наука, 1994. С.78-84. (Вычисл.сейсмология; Вып. 26).
7. Beroza G. C., Jordan T.H. Searching for slow and silent earthquakes using free oscillations // J.Geophys. Res. 1990. Vol. 95. P. 2485-2510.
8. Назаревич А.В. Експериментальне дослідження спектрально-часової структури варіацій параметрів пружних хвиль в масивах гірських порід: Автореф. дис.... канд. фіз.-мат. наук. К., 1997.
9. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є. Спектрально-часова структура геоакустичних варіацій при активізації сеймотектонічних процесів в Закарпатті // V міжнародний науково-технічний симпозиум "Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища - GPS I GIS-технології". Львів, 2000, с. 72.
10. Назаревич Л., Назаревич А. Енергетичні характеристики карпатських землетрусів. // Збірник матеріалів науково-технічного симпозиуму "Геомоніторинг-2002". - Львів, 2002, с. 18-21.
11. Каверина А.Н., Прозоров А.Г. Вариации кривекса в зависимости от типа тектонических структур и механизма очага: статистический анализ // Геодинамика и прогноз землетрясений.- М.: Наука, 1994. С.85-93. (Вычисл.сейсмология; Вып. 26).
12. Назаревич А., Назаревич Л. Будова літосфери Закарпаття і проблема гіпоцентрії місцевих землетрусів // Збірник матеріалів науково-технічного симпозиуму "Геомоніторинг-2002".-Львів, 2002. С. 15-18.
13. Назаревич А.В., Назаревич Л.Є.. Сейсмічність та сеймотектонічний процес в Закарпатті та їх вплив на безпеку інженерних мереж регіону // Матеріали науково-практичної конференції "Вплив руйнівних повеней та зсувних процесів на функціонування інженерних мереж".-Ужгород, 2002. С. 27-29.
14. Рудько Г.І., Павлів Н.П. Ризик виникнення та розвитку небезпечних геологічних процесів у Карпатському регіоні України // Вісник Львів. ун-ту. Сер.: Геол. - 2001.Вип. - 15.- С. 49-53.
15. Чернов Ю.К. О влиянии формы колебаний грунта на макросейсмический эффект землетрясений / Вопросы инженерной сейсмологии. - М.: Наука, 1984, вып. 25.
16. Чернов Ю.К., Соколов Ю.В. Некоторые соотношения между параметрами колебаний грунта и макросейсмической интенсивностью землетрясений. / Вопросы инженерной сейсмологии. М.: 1983, - Вып. 24. - С. 96-104.
16. Арефьев С.С., Грайзер В.М., Заргарян Д.Н., Плетнев К.Г., Рузайкин А.И., Шебалин Н.В., Шилова Е.Н. Разрыв в очаге и афтершоки Кум-Дагского землетрясения 14 марта 1983 года // Макросейсмические и инструментальные исследования сильных землетрясений (Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 26). - М.: Наука, 1985. С.8-27.