

МЕТОДИКИ УТОЧНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІПОЦЕНТРІВ КАРПАТСЬКИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Л.Е.Назаревич¹, А.В.Назаревич²

¹Карпатська дослідно-методична геофізична партія ІГФ НАН України, м. Львів

²Карпатське відділення Інституту геофізики НАН України,

Україна, м. Львів, вул. Наукова, 3-б, E-mail: nazarevych-a@cb-igph.lviv.ua

Вступ. Одним з основних завдань сейсмології та інших наук про Землю є надійне дешифрування сейсмоактивних тектонічних структур в сейсмонебезпечних регіонах світу. Таке дешифрування проводиться в першу чергу за просторовою локалізацією гіпоцентрів місцевих землетрусів, врахування якої є важливе не тільки для надійних оцінок рівня сейсмічної небезпеки на сейсмоактивних територіях при їх сейсмічному районуванні, але і для проведення детальних геодезичних досліджень, дослідження геодинаміки і неотектоніки цих територій. Тому якнайточніше визначення параметрів гіпоцентрів землетрусів (координат і глибини) дає первинний матеріал, на основі якого базуються подальші детальні досліджень не тільки в галузі сейсмології, але і в інших науках про Землю.

Питання якнайточнішого визначення інструментальними методами параметрів гіпоцентрів землетрусів хвилювало сейсмологів здавна, воно є актуальним і сьогодні. В ряді публікацій зарубіжних і вітчизняних авторів [1-7] цьому питанню приділена значна увага. З розвитком науки і техніки зростають і вимоги до точності і якості сейсмологічної інформації, з'являються нові методики досліджень та їх варіанти. Так, питанням нев'язок сейсмічних хвиль займалися, зокрема, такі відомі вчені, як Н.В.Кондорська, В.В.Антонов і Т.І.Казанцева, R.C.Lilwall, В.С. Гобаренко [1-3, 4, 7]. А питанням уточнення діючих і створення нових сейсмологічних годографів присвятили свої роботи Б.Г.Пустовітенко, В.Е.Кульчицький та інші [5, 7], створенням нових програмних пакетів обробки сейсмологічної інформації на

базі детального вивчення умов поширення сейсмічних хвиль в земній корі займалися, зокрема, кримські сейсмологи [4, 6, 7].

Застосування усереднених кінематичних нев'язок сейсмічних хвиль від землетрусів для сейсмічних станцій і попередньо визначених сейсмоактивних зон Карпатського регіону з метою підвищення точності визначення параметрів (координат і глибин) землетрусів у Карпатському регіоні України проведено нами вперше [10-12]. Так само вперше на основі даних про швидкісну будову літосфери регіону, отриманих на численних профілях глибинних сейсмічних зондувань (ГСЗ) [8, 9] нами побудовано сім'ю розрахункових Закарпатських годографів [10, 11], що дозволило суттєво уточнити параметри місцевих землетрусів. Цим двом питанням і присвячена дана стаття.

Таким чином, метою даної роботи є детальне представлення вперше реалізованих нами двох підходів до уточнення параметрів карпатських землетрусів, частковий опис яких зроблений нами вже раніше [12]. Перший метод – це визначення кінематичних нев'язок Р і S-хвиль землетрусів і на їх основі розрахунок усереднених кінематичних нев'язок цих хвиль для конкретної станції від різних сейсмоактивних зон, подальше врахування цих усереднених нев'язок у ручному чи комп'ютерному варіанті обробки дає змогу покращити визначення параметрів карпатських землетрусів. Другий метод – це побудова (на основі визначеної за отриманими по профілю РП-17 [8] даними ГСЗ про швидкісну будову літосфери Закарпаття швидкісної моделі

літосфери даного регіону) розрахункових годографів сейсмічних хвиль).

Коротка характеристика сейсмічності і тектоніки Карпатського регіону.

Слід сказати, що Карпатський регіон є одним з найбільш сейсмоактивних регіонів України, який характеризується дрібно-блоковою структурою земної кори, високим глибинним тепловим потоком, диференційованими (від опускань до піднять) вертикальними і горизонтальними (переважно стиск в анти-карпатському напрямку) рухами, значною (до 7-8 балів) сейсмічністю з неглибокими (до 14-16 км.) гіпоцентрами землетрусів [13-16]. Така складна будова літосфери регіону, наявність розташованих за кілька кілометрів одна від одної численних розломних структур різної орієнтації і падіння значно ускладнює задачу виділення власне сейсмоактивних тектонічних структур, бо вимагає підвищеної точності визначення координат і глибини гіпоцентрів місцевих землетрусів, необхідної для прив'язки кожного землетрусу до конкретної розломної структури. Але, з іншого боку, розбита цими численними розломами на дрібні блоки кора (причому кожен з цих блоків характеризується своєрідною будовою і швидкісними характеристиками), мала глибина вогнищ місцевих землетрусів створює проблеми для точного визначення координат і глибини гіпоцентрів цих землетрусів, а зарідка для таких умов мережа сейсмічних станцій не дозволяє на належному рівні визначити цю проблему, користуючись тільки традиційними сейсмологічними підходами, наприклад, єдиним для всього Карпатського регіону сейсмологічним годографом [16], який об'єктивно не здатний відобразити з достатньою точністю таку неодинакову будову різних зон даного регіону.

Для подолання вказаних труднощів і реалізації поставленої задачі нами запропоновано такий підхід: розбиття Карпатського регіону України на окремі зони за сейсмічними і тектонічними ознаками [13-16]. Для виділення таких зон нами проведено аналіз глибинної будови літосфери Карпатського регіону [13, 15, 16] та просторового розподілу місцевої сейсмічності [13, 16] (рис. 1). За результатами цього аналізу регіон розбито на 12 окремих сейсмоактивних зон (рис. 2); розбиття проводилось за тектонічними ознаками і просторовим групуванням епіцентрів землетрусів, уточнення меж зон – за методикою Н.В.Кондорської та В.В.Антонова [1, 2], а розбракування вхідних даних – за графіками К.Вадати [17]. Таким чином реалізується ідея першого методу – розрахунок на основі

визначених кінематичних (часових) нев'язок для кожного землетрусу усереднених нев'язок по кожній станції і кожній сейсмоактивній зоні регіону і врахування цих середніх нев'язок (часових поправок) при ручній чи комп'ютерній обробці сейсмологічних даних. Реалізовувалась ця ідея наступним чином.

Методика розрахунку усереднених кінематичних нев'язок.

Станційні кінематичні нев'язки для кожного окремого землетрусу розраховувались комп'ютерним способом з використанням програми "Нуро" відносно Карпатського сейсмологічного годографа, побудованого О.М.Харитоновим, О.П.Костюк, В.В.Кутас, І.М.Руденською за сейсмологічними даними для цілого Карпатського регіону [16]. Станційні часи вступів сейсмічних хвиль, початкові координати гіпоцентрів та інші параметри залучених до обробки землетрусів нами взято з сейсмологічних бюлетенів за відповідні роки, зокрема за 1990, 1999, 2000 [18-20].

У програмі "НУРО" станційна часова нев'язка пробігу Р-хвилі і-го землетрусу відносно годографа визначається за формулою:

$$\Delta t_{pi} = t_{pi} - t_{p(god)}, \quad (1)$$

де $t_{p(god)}$ – час пробігу Р-хвилі за годографом, t_{pi} – час пробігу Р-хвилі і-го землетрусу.

Аналогічно визначається і нев'язка пробігу S-хвилі (Δt_{si}):

$$\Delta t_{si} = t_{si} - t_{s(god)}, \quad (2)$$

де $t_{s(god)}$ – час пробігу S-хвилі за годографом, t_{si} – час пробігу S-хвилі і-го землетрусу.

Усереднені по кожній з виділених зон станційні часові нев'язки Δt_{pc} , Δt_{sc} розраховувались окремо для кожної станції за формулою:

$$\Delta t_{pc} = \sum \Delta t_{pi} / N, \quad (3)$$

де Δt_{pi} – часова нев'язка приходу Р-хвилі і-того землетрусу з даної зони відносно годографа, N – кількість нев'язок в даному секторі (зоні) відносно до k-ої станції;

та

$$\Delta t_{sc} = \sum \Delta t_{si} / N, \quad (4)$$

де Δt_{si} – часова нев'язка приходу S-хвилі і-того землетрусу відносно годографа.

До обробки залучено дані по 262 землетрусах регіону за 1988-2000 роки (всього 905 наборів даних). В результаті отримано середні значення станційних нев'язок для Р- і S-хвиль по 12-ти сейсмоактивних зонах регіону окремо для кожної з таких сейсмічних станцій Закарпаття – "Ужгород", "Н.Селище", "Тросник", для яких був наявний кондиційний матеріал і достатня статистика. Тепер проаналізуємо просторовий розподіл отриманих усереднених часових нев'язок об'ємних хвиль.

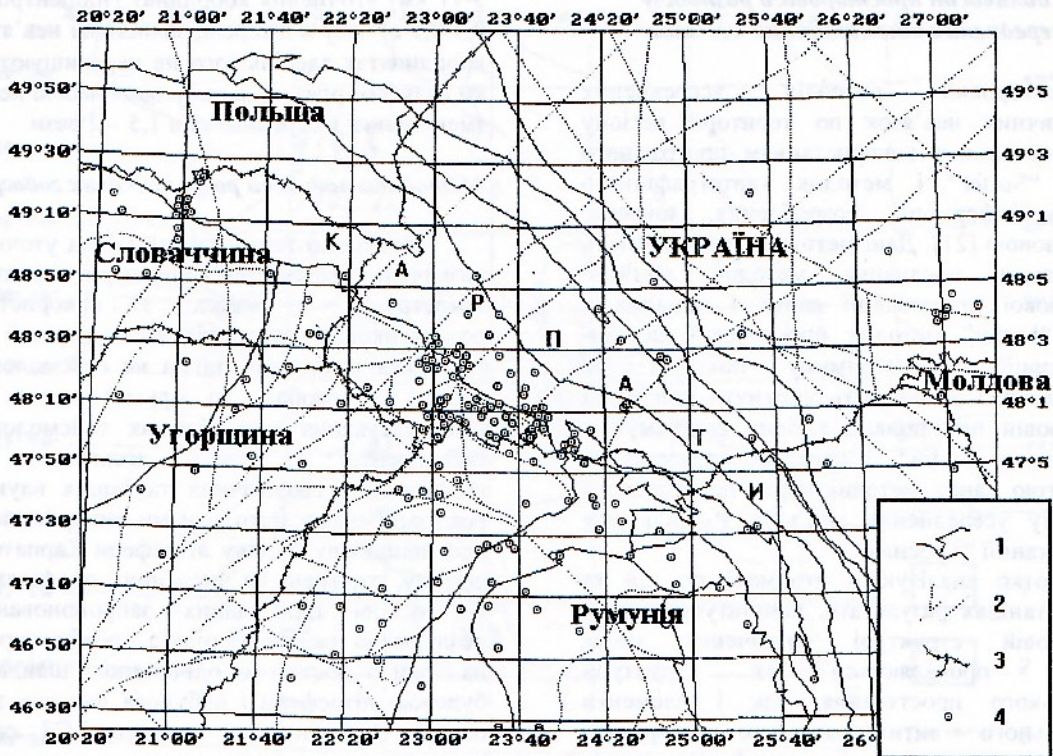


Рисунок 1. Карта просторового розташування епіцентрів землетрусів Карпатського регіону України

1 – границі тектонічних зон; 2 – основні розломи; 3 – державні кордони; 4 – епіцентри землетрусів.

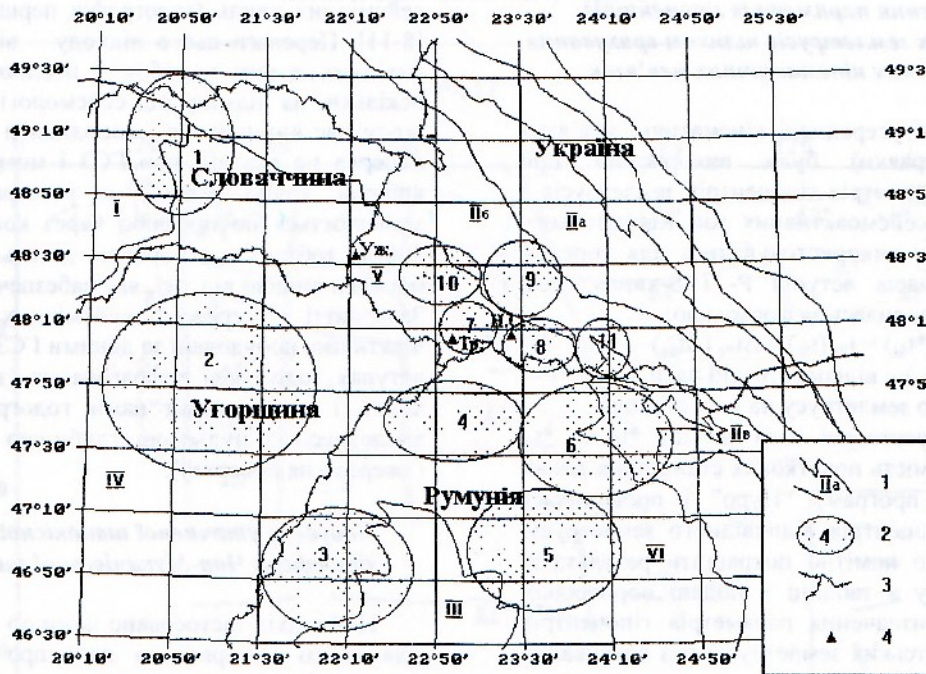


Рисунок 2. Карта Закарпаття і прилеглих територій з позначенням основних структурно-тектонічних одиниць

(1) I – Західні Карпати; II – Східні Карпати (IIa – Зовнішня (Скибова) зона; IIb – Внутрішня зона; IIв – Мармарошський кристалінний масив); III – гори Апусені; IV – Панонська депресія; V – Закарпатський прогин; VI – Трансільванська западина, сейсмогенних зон (2) (тут: 1 – Польща–Словаччина; 2 – Угорщина; 3 – Крішана; 4 – Бая-Маре–Сагу-Маре; 5 – Трансільванія; 6 – Мармарош; 7 – Виноградово-Королево; 8 – Солотвинська западина; 9 – Воловець–Міжгір’я; 10 – Мукачево–Свалява; 11 – Рахів), державних кордонів (3) і окремих сейсмічних станцій Карпатської мережі (4) (тут: Уж. – “Ужгород”, Тр. – “Тросник”, Н.С. – “Нижнє Селище”).

Особливості просторового розподілу усереднених кінематичних нев'язок

Просторовий розподіл усереднених кінематичних нев'язок по території регіону отримано нами з використанням програмного пакету "Surfer" і методик картографічного подання інформації, розроблених, зокрема, О.Смірною [21]. Дані методики забезпечують оптимізацію послідовності методик лінійно-просторової інтерполяції даних і задіяних в пакеті "Surfer" методик просторової сплайн-інтерполяції по мінімуму похідної по координатах і дозволяють уникнути при такій просторовій інтерполяції хибних екстремумів. Як приклад, на рис. 3 наведено отриману за допомогою даних методик карту просторового розподілу усереднених нев'язок Р-хвиль для сейсмостанції "Тросник".

Коротко аналізуючи отримані по цій та інших станціях результати, констатуємо, що у просторовій структурі визначених полів нев'язок проявляються як структури карпатського простягання, так і елементи діагонального антикарпатського напрямку. Чітко проявляється також мозаїчність полів нев'язок, пов'язана з складною блоковою швидкісною структурою літосфери регіону.

Уточнення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів шляхом врахування усереднених кінематичних нев'язок.

Визначені усереднені кінематичні нев'язки (часові поправки) були використані при уточненні параметрів гіпоцентрів землетрусів з відповідних сейсмоактивних зон Карпатського регіону. Вони використовувалися для корекції станційних часів вступів Р- і S-хвиль, така корекція проводилась за формулою:

$$*t_{P_i}(*t_{S_i}) = t_{P_i}(t_{S_i}) - \Delta t_{P_c}(\Delta t_{S_c}) \quad (5)$$

де $*t_{P_i}(*t_{S_i})$ – відкоректовані часи вступу Р- і S-хвиль і-того землетрусу на к-ту станцію.

Ці відкоректовані часи вступів $*t_{P_i}$ та $*t_{S_i}$ вводилися замість початкових станційних даних (t_{P_i} і t_{S_i}) у програму "Нуро" і проводилась повторна гіпоцентрія відповідного землетрусу, що дозволило помітно покращити результати. Для прикладу в таблиці 1 подані порівняльні результати визначення параметрів гіпоцентрів деяких карпатських землетрусів без врахування (позначені зірочкою (*)) і з врахування усереднених кінематичних нев'язок, які свідчать про помітне покращення результатів гіпоцентрії при врахуванні нев'язок.

Аналізуючи в загальному результати врахування визначених усереднених по окремих сейсмоактивних зонах нев'язок при уточненні параметрів гіпоцентрів місцевих землетрусів можна сказати наступне: досягнуто значного (до

3-11 км) уточнення координат гіпоцентрів і (до 0,3-0,9 с) часу в джерелі, залишкові нев'язки по координатах здебільшого не перевищують $\pm 3,5$ км (для Закарпаття), а залишкові часові нев'язки зменшилися в середньому в 1,5 – 2 рази.

Методика побудови розрахункових годографів.

Розглянемо тепер другий метод уточненого визначення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів – метод з використанням розрахункових годографів. Якщо перший метод базувався виключно тільки на сейсмологічних даних і способах, то другий метод – це комплексування уже відомих сейсмологічних інструментів і нових досягнень інших геофізичних, геологічних та інших наук. Для реалізації цього методу нами використані дані про швидкісну будову літосфери Карпатського регіону, отримані на численних профілях ГСЗ. На основі цих даних запропоновано та реалізовано наступний підхід – розбиття регіону на зони з достатньо однорідною швидкісною будовою літосфери і побудова для цих зон на основі отриманих за даними ГСЗ сейсмо-геологічних розрізів усереднених швидкісних моделей літосфери, з подальшим визначенням для цих моделей (з використанням прийомів променевого методу) розрахункових годографів сейсмічних хвиль (годографів перших вступів) [8-11]. Переваги цього підходу – відсутність у вихідних даних похибок і неоднозначностей, оскільки, на відміну від сейсмологічних даних (коли час виникнення і координати землетрусу наперед не відомі), при ГСЗ і момент і місце вибухів точно відомі, а реєстрація хвиль здійснюється по профілю через кожні 50-100-200 м, тобто з просторовою деталістю, на 2 порядки вищою від тієї, яку забезпечує наявна в Закарпатті мережа сейсмічних станцій. Фактично, побудовані за даними ГСЗ по перших вступках годографи рефрагованих (заломлених) хвиль і є шуканими нами годографами для землетрусів з нульовою глибиною гіпоцентру (джерело на поверхні).

Побудова уточненої швидкісної моделі літосфери Чоп-Мукачівської западини.

Цей підхід застосовано нами до Закарпаття. Для цього використано дані про швидкісну будову літосфери по регіональному профілю РП-17 [8, 9] (рис. 4), і за ними побудовано усереднену швидкісну модель літосфери субрегіону. На основі цієї моделі за допомогою прийомів променевого методу нами визначено набір розрахункових закарпатських годографів 6, 10, 15, 20, 25, 33 км) глибин гіпоцентру для Р- і S-хвиль, а також для t_{S-P} для різних (0, 3, 6, 10, 15, 20, 25, 33 км) глибин гіпоцентрум

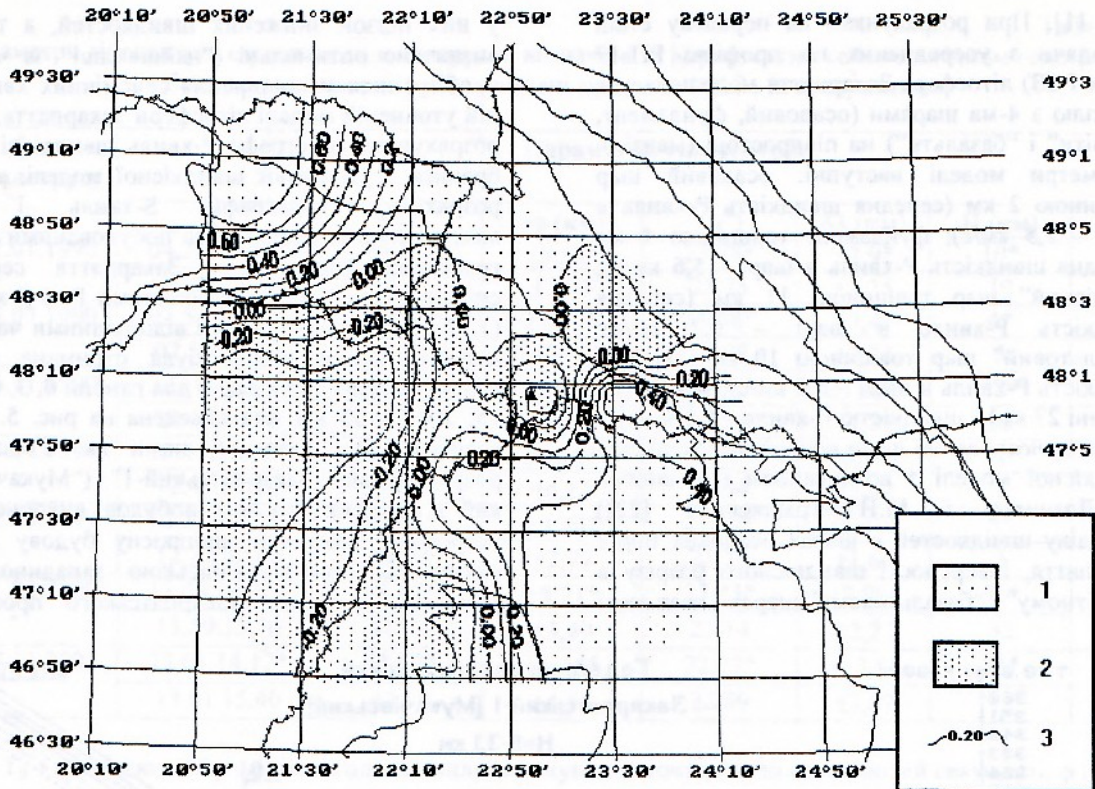


Рисунок 3. Просторовий розподіл усереднених нев'язок Р-хвиль для сейсмостанції "Тросник".
 1 – зона додатніх нев'язок; 2 – зона від'ємних нев'язок; 3 – ізолінії і відповідні величини нев'язок (інші позначення – як на рис. 1 і рис. 2)

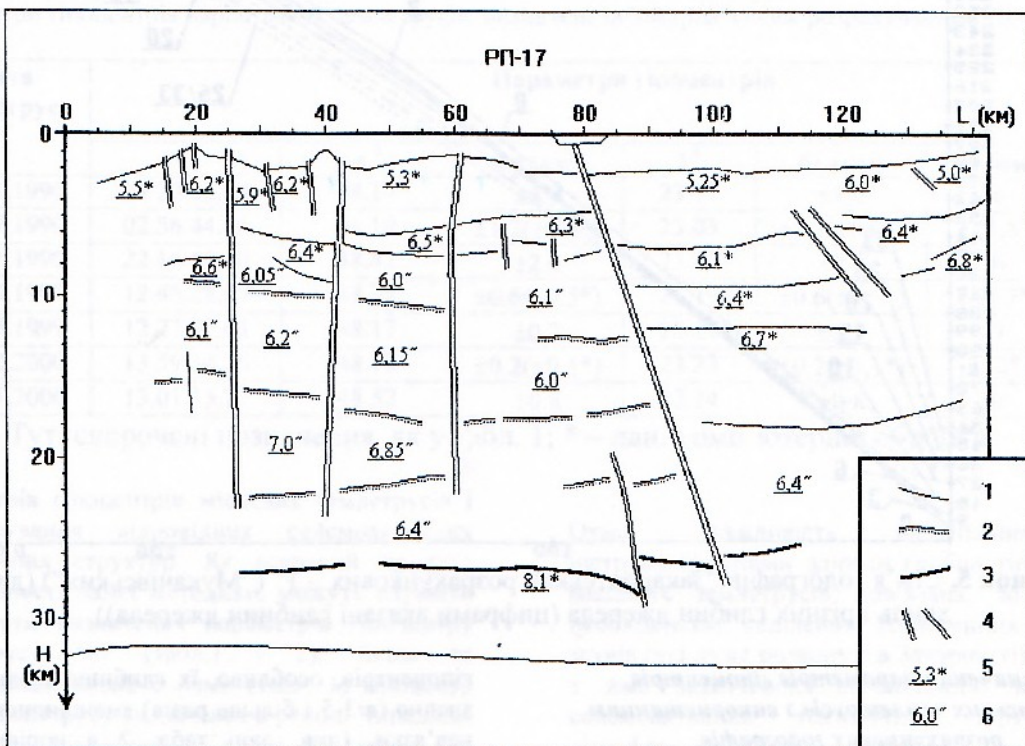


Рисунок 4. Швидкісна будова літосфери Закарпаття по профілю РР-17 [13, 15].

1 – заломлювальні границі; 2 – відбиваючі границі; 3 – підшва кори (границя Мохо); 4 – основні розломи; 5 – граничні швидкості; 6 – пластові швидкості.

[10, 11]. При розрахунках на першому етапі (виходячи з усереднених по профілю РП-17 даних ГСЗ) літосфера Закарпаття моделювалась моделлю з 4-ма шарами (осадовий, фундамент, "граніти" і "базальти") на півпросторі (мантія). Параметри моделі наступні: осадовий шар товщиною 2 км (середня швидкість Р-хвиль в шарі – 3,5 км/с); фундамент товщиною 4 км (середня швидкість Р-хвиль в шарі – 5,6 км/с); "гранітний" шар товщиною 11 км (середня швидкість Р-хвиль в шарі – 6,2 км/с); "базальтовий" шар товщиною 10 км (середня швидкість Р-хвиль в шарі – 6,6 км/с); мантія (на глибині 27 км) з швидкістю Р-хвиль – 8,1 км/с).

На наступному етапі нами проведено уточнення швидкісної моделі з врахуванням (за даними П.Ю.Лозиняка і М.Й.Петрашкевича [22]) розподілу швидкостей в шарах осадових порід Закарпаття, інверсності швидкісного розрізу в "гранітному" і "базальтовому" шарах і наявності

у них підзон знижених швидкостей, а також визначено оптимальні ("найшвидші" за часом пробігу) шляхи поширення сейсмічних хвиль в цій уточненій моделі літосфери Закарпаття. При розрахунках годографа Р-хвиль швидкісні дані бралися з уточненої швидкісної моделі, а для розрахунку годографів S-хвиль і t_{S-P} використано встановлені за побудованими нами графіками Вадаті для Закарпаття середні співвідношення між швидкостями Р- і S-хвиль (1,72 і 0,72 відповідно) та відповідними часами вступів. Таким чином була отримана сім'я розрахункових годографів для глибин 0, 3, 6, 10, 15, 20, 25, 33 км, яка наведена на рис. 5. Цей годограф був названий нами як "Годограф розрахунковий Закарпатський-1" ("Мукачівський"), оскільки при його побудові використано усереднені дані про швидкісну будову літосфери під Чоп-Мукачівською западиною – західною частиною Закарпатського прогину.

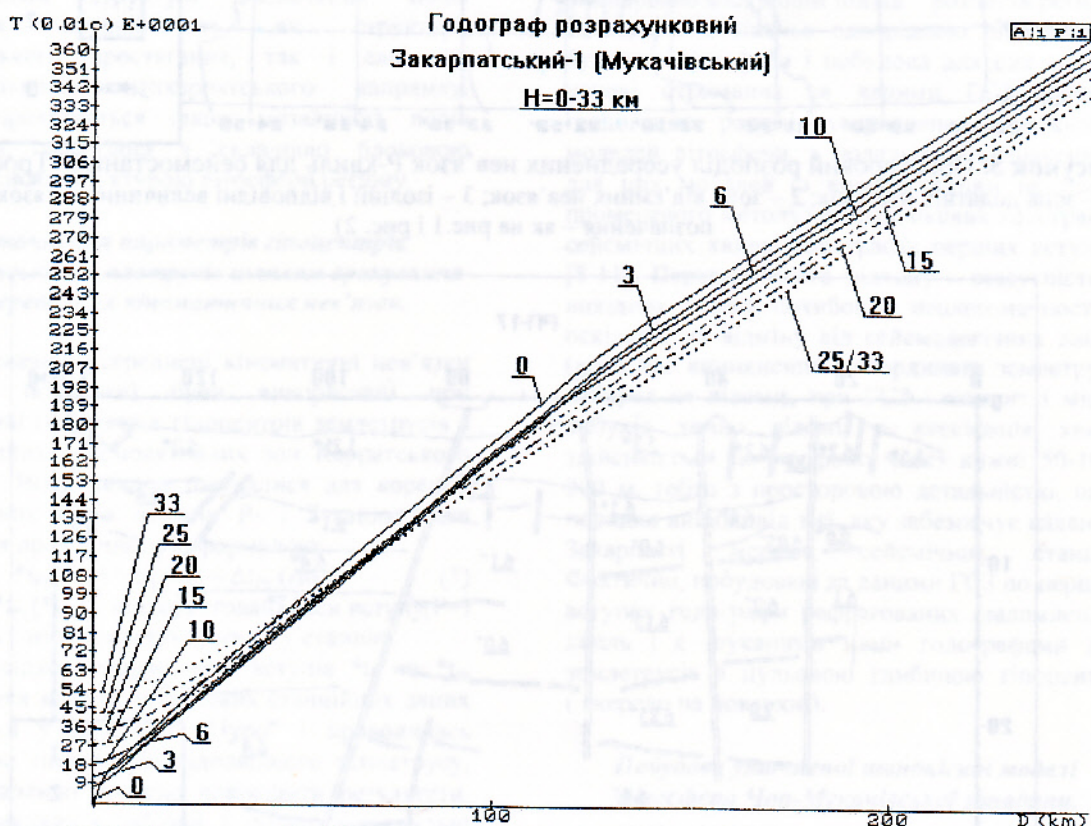


Рисунок 5. Сім'я годографів "Закарпатських розрахункових – 1" ("Мукачівських") (для Р-хвиль і різних глибин джерела (цифрами вказані глибини джерела)).

Визначення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів з використанням розрахункових годографів.

З використанням отриманих розрахункових годографів було проведено перевизначення координат і глибини гіпоцентрів частини місцевих землетрусів. В результаті цього уточнилися і помітно змінилися параметри цих

гіпоцентрів, особливо, їх глибини, і одночасно значно (в 3-5 і більше разів) зменшилися часові нев'язки, (див. дані табл. 2 в порівнянні з даними табл. 1) що свідчить про набагато більшу відповідність отриманих годографів реальній швидкісній структурі літосфери Закарпаття, і, як наслідок, про значно більшу надійність визначень

Таблиця 1.
 Параметри гіпоцентрів карпатських землетрусів, визначені за Карпатським сейсмологічним годографом без врахування нев'язок (позначені зірочкою (*)) і з їх врахуванням

№ п/п	Дата землетрусу	Параметри гіпоцентрів						
		T_0	φ (°)	$\delta\varphi$ (км)	λ (°)	$\delta\lambda$ (км)	H (км)	δH (км)
1	12.01.1990	04.20.15,41*	48,11*	$\pm 5,32^*$	23,78*	$\pm 2,9^*$	10*	$\pm 16,7^*$
		04.20.15,50	48,19	$\pm 3,99$	23,78	$\pm 2,35$	10	$\pm 3,2$
2	15.07.1990	02.56.44,89*	48,22*	$\pm 2,97^*$	23,08*	$\pm 2,4^*$	4*	$\pm 1,25^*$
		02.56.45,10	48,21	$\pm 2,57$	23,08	$\pm 2,05$	5	$\pm 2,0$
3	23.11.1990	22.16.46,81*	48,40*	$\pm 2,12^*$	23,26*	$\pm 1,92^*$	32*	-
		22.16.46,80	48,40	$\pm 2,01$	23,26	$\pm 1,82$	32	-
4	21.04.1999	12.45.31,70*	48,25*	$\pm 6,58^*$	23,17*	$\pm 5,74^*$	32*	-
		12.45.31,50	48,09	$\pm 6,13$	23,34	$\pm 5,42$	8	$\pm 8,3$
5	12.08.1999	12.27.02,89*	48,18*	$\pm 3,30^*$	23,19*	$\pm 5,30^*$	5*	$\pm 3^*$
		12.27.02,80	48,18	$\pm 2,77$	23,19	$\pm 1,64$	5	$\pm 2,8$
6	21.02.2000	13.59.34,26*	48,12*	$\pm 4,21^*$	23,33*	$\pm 2,99^*$	32*	-
		13.59.35,70	48,23	$\pm 3,49$	23,14	$\pm 2,27$	32	-
7	17.11.2000	13.01.14,12*	48,50*	$\pm 6,38^*$	22,97*	$\pm 13,5^*$	32*	-
		13.01.15,40	48,50	$\pm 4,55$	22,89	$\pm 3,07$	32	-

Тут: T_0 – час в джерелі у форматі година/хвилина/секунда (з точністю до сотих долей секунди); φ і λ – широта і довгота епіцентру в градусах (з точністю до сотих долей градуса); H – глибина гіпоцентру (в кілометрах), $\delta\varphi$, $\delta\lambda$, δH – нев'язки по φ , λ , H (в кілометрах).

Таблиця 2
 Параметри гіпоцентрів карпатських землетрусів, визначені за Закарпатським розрахунковим годографом

№ п/п	Дата землетрусу	Параметри гіпоцентрів						
		T_0	φ (°)	$\delta\varphi$ (км)	λ (°)	$\delta\lambda$ (км)	H (км)	δH (км)
1	12.01.1990	04.20.15,68	48.14	± 4.0	23.97	± 4.0	6	-
2	15.07.1990	02.56.44,66	48.19	$\pm 1.2(\pm 0.9^*)$	23.03	$\pm 1.2(\pm 0.9^*)$	3 (3,5*)	-
3	23.11.1990	22.16.47,40	48.42	± 2.0	23.27	± 2.0	6	-
4	21.04.1999	12.45.28,67	48.34	$\pm 0.6(\pm 0.5^*)$	23.19	$\pm 0.6(\pm 0.5^*)$	6 (6,3*)	-
5	12.08.1999	12.27.02,03	48.17	± 0.2	23.21	± 0.2	3	-
6	21.02.2000	13.59.34,26	48.12	$\pm 0.2(\pm 0,1^*)$	23.33	$\pm 0.2(\pm 0,1^*)$	3 (2*)	$\pm 0.5^*$
7	17.11.2000	13.01.15,27	48.52	± 0.8	22.74	± 0.8	0	-

Тут: скорочені позначення, як у табл. 1; * – дані комп'ютерної обробки.

параметрів гіпоцентрів місцевих землетрусів і дешифрування відповідних сейсмоактивних тектонічних структур. Як яскравий приклад ефективності даної методики, можуть служити результати визначення параметрів гіпоцентру землетрусу №7 (табл.1 і 2). Якщо за попередніми визначеннями (табл. 1) гіпоцентр цього землетрусу визначався в районі Чинадієво (9 км на північний схід від Мукачево) на глибині 32 км, то за розрахунковим годографом ця подія локалізується в кар'єрі Колчино (6 км на північ від Мукачево) на глибині 0 км і визначена нами, як вибух у місцевому кар'єрі.

Отже, важливість уточнення за інструментальними даними глибин гіпоцентрів місцевих землетрусів пов'язана, зокрема, з необхідністю виділення техногенних подій і зсувів (які дуже розвинуті в Закарпатті), а також з вже зазначеною необхідністю виділення сейсмоактивних тектонічних структур в літосфері регіону, особливо враховуючи наявність в регіоні численних насувних структур, які простежуються не тільки в Карпатах, а й у фундаменті Закарпатського прогину[22].

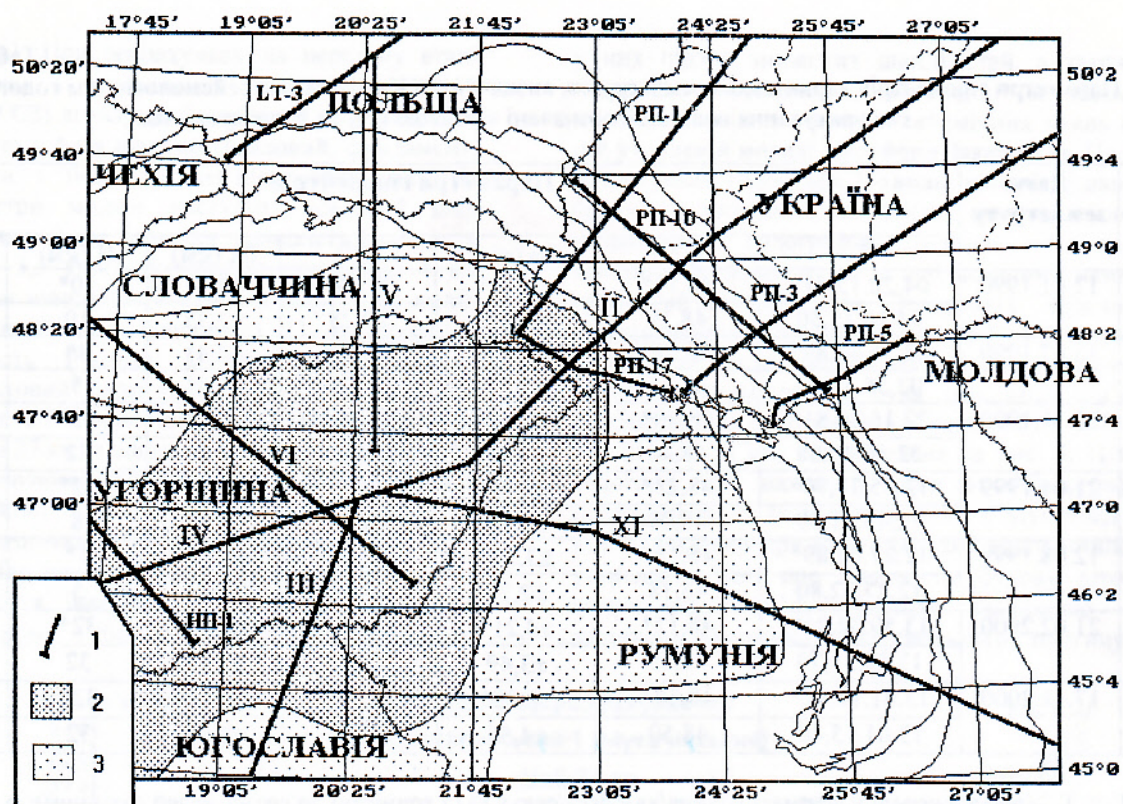


Рисунок 6. Зона застосування годографа “Закарпатського розрахункового – 1” (“Мукачівського”)

I – профілі ГСЗ і геотранверси в Карпато-Панонському регіоні [8, 9]; 2 – зона прямого застосування годографа; 3 – зона застосування годографа з поправками

Висновки.

Отримані результати свідчать про високу ефективність запропонованих методів уточнення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів, особливо методу з використанням побудованих за даними ГСЗ в регіоні розрахункових годографів і дозволяють на основі отриманих даних значно деталізувати дослідження різних сейсмоактивних зон і сейсмогенеруючих структур Карпатського регіону, отримуючи важливу для вивчення регіональної та локальної геодинаміки і сеймотектонічного процесу інформацію. При чому, як виявилось з аналізу швидкісної будови літосфери цілого Карпато-Динарського мегарегіону, глибинна швидкісна будова літосфери Закарпаття практично дуже мало відрізняється від такої для Панонської западини (територія майже всієї Угорщини, крайнього південного сходу Словаччини та крайніх північно-західних районів Румунії), тому отримані розрахункові годографи сейсмічних хвиль є прекрасною основою для уточненого визначення параметрів гіпоцентрів землетрусів цілого цього регіону. Зона застосування

розрахункового годографа наведена на карті (рис. 6) і охоплює всю територію Закарпатського прогину та Панонії.

Порівнюючи результати застосування двох названих методів уточнення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів (див. результати в табл. 1 і 2), слід відзначити, що в цілому метод з використанням розрахункових годографів дає набагато кращі результати, ніж метод з врахуванням усереднених кінематичних нев'язок (що пов'язано з недосконалістю Карпатського сейсмологічного годографа), тому розрахункові годографи слід використовувати як можна ширше, залишаючи метод з врахуванням усереднених нев'язок тільки для тих сейсмоактивних зон, для яких немає даних ГСЗ про швидкісну будову літосфери.

В наступних дослідженнях в Карпатському регіоні України планується використання кінематичних нев'язок сейсмічних хвиль для детальнішого вивчення швидкісних характеристик земної кори на певних азимутальних трасах, а також розробити розрахункові годографи і для інших частин Карпатського регіону, швидкісна будова яких детально досліджена методами ГСЗ.

Література

1. Кондорская Н.В. Кинематические особенности первых вступлений сейсмических волн. – Vortrage der KAPG – Tagung – Berlin – 14 – 1969.
2. Антонов В.В., Казанцева Т.И. Кинематические невязки первых вступлений Р-волн для сейсмических станций Кавказа в ближней зоне. // Сейсмологический бюллетень Кавказа. 1978 январь-декабрь. – Тбилиси.: Мецниереба. – 1981. – С.155–162.
3. Lilwall R.C. and Douglas A. Estimation of P-wave travel times using the joint method. Geophys. // Astr. Soc. – 1970. – 19. – P. 165–185.
4. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. / Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – К.: Наук.думка, - 1989. – 189 с.
5. Гобаренко В.С. Использование скоростных параметров среды для уточнения параметров очагов местных землетрясений. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1995-1996 гг. – Симферополь: Изд. ИГ НАНУ, КЭС – 1997. – С. 124-129.
6. Кульчицкий В.Е., Пустовитенко Б.Г. Об одном способе расчета координат гипоцентров местных землетрясений по данным времен вступлений объемных волн. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 г. – Симферополь. –2003. – С.115-123.
7. Гобаренко В.С. Особенности пространственного распределения скоростей Р- и S-волн и упругих характеристик коры восточной части Крымского полуострова. // Геофиз. журн. – 2000. – №1. – С. 66–74.
8. Строение земной коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы. / Соллогуб В.Б., Гутерх А., Просен Д. и др. – К.: Наук. думка, – 1978. – 272 с
9. Литосфера Центральной и Восточной Европы. / Под ред. А.В.Чекунова. – К.: Наук. думка, – 1987-1993.
10. Андрій Назаревич, Леся Назаревич. Будова літосфери Закарпаття і проблема гіпоцентрії місцевих землетрусів. // Збірник матеріалів науково-технічного симпозіуму “Геомоніторинг-2002” – Львів, – 2002. – С. 15-18.
11. А.В.Назаревич, Л.Є.Назаревич. Розрахункові годографи сейсмічних хвиль в гіпоцентрії карпатських землетрусів // Вісник Київ. нац. ун-ту. ім.Тараса Шевченка. Геологія. – 2002 – № 23-24, – С. 98-103.
12. Л.Є.Назаревич. Уточнення параметрів гіпоцентрів карпатських землетрусів шляхом
13. врахування усереднених кінематичних нев’язок. // Тези доповідей IV Міжнародної наукової конференції “Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”. Україна, Київ, 9-11 жовтня 2003 р. – Київ, – 2003. – С. 53.
14. Чекунов А.В., Ливанова Л.П., Гейко В.С. Глубинное строение и некоторые особенности тектоники Закарпатского прогиба. // Сов. геология. – 1969. – № 10. – С. 36-43.
15. Кендзера О., Пронишин Р., Бень Я. Сейсмічна небезпека Передкарпаття. // Праці наукового товариства імені Шевченка.– Львів, – 1997. – Т.1. – С.104–113.
16. Карпатский геодинамический полигон. // Под ред. Я.С.Подстригача и А.В.Чекунова. – М.: Сов. радио, – 1978. – 127 с.
17. Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А. Карпатский годограф Р- и S-волн и неоднородности литосферы. // Геофиз. журнал. – 1999. – № 3. –С. 45–51.
18. Wadatti K. On the travel times of earthquakes waves. Geoph. Mag. – 1935. – 5, №1.
19. Руденская И.М., Гаранджа И.А., Чуба М.В., Черная И.М. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 1990 г. // Сейсмологический бюллетень западной зоны системы сейсмических наблюдений Украины и Молдовы за 1990 год. – К.: Наук. думка. – 1994. – С. 70-156.
20. Руденская И.М., Гаранджа И.А., Келеман И.Н., Чуба М.В., Симонова Н.А., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Стародуб Г.Р., Пронишин М.Р. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 1999 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1999 год. –Симферополь. – 2001. – С. 32-62.
21. Руденская И.М., Гаранджа И.А., Келеман И.Н., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Пронишин М.Р. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2000 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 год. –Симферополь. – 2002. – С. 30-53.
22. Смірнова О. Співставлення карти градієнтів швидкостей вертикальних деформацій земної поверхні Карпатського регіону з геолого-геофізичними даними. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Київ, – 2002. – С. 104-109.
23. М.И.Петрашкевич, П.Ю.Лозыняк. Структурное районирование основания Закарпатского прогиба. // Региональная геология УССР и направления поисков нефти и газа. – Львов, – 1988.–С.72-79.

METHODS OF CARPATHIAN EARTHQUAKES HYPOCENTERS PARAMETERS SPECIFICATION

L.Ye.Nazarevych, A.V.Nazarevych

The methods and results of carpathian earthquakes hypocenters parameters specification by such ways

are described: one – by calculation and taking account of seismic waves middle kinematic deviations for concrete seismic stations and seismic zones; second – construction after DSZ data in region of lithosphere velocity model and corresponding calculating hodographs of seismic waves and using of these hodographs for carpathian earthquakes hypocenters parameters determination.

**МЕТОДИКИ УТОЧНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИПОЦЕНТРОВ КАРПАТСКИХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Л.Е.Назаревич, А.В.Назаревич

Описаны методики и результаты уточнения параметров гипоцентров карпатских землетрясений такими способами: один – путем расчета и учета усредненных кинематических невязок сейсмических волн для конкретных сейсмостанций и сейсмогенных зон региона, второй – построение по данным ГСЗ в регионе скоростной модели литосферы и соответствующих ей расчетных годографов сейсмических волн и использование этих годографов для определения параметров гипоцентров карпатских землетрясений.