

ХАРАКТЕРНІ РИСИ СЕЙСМОТЕКТОНІЧНОГО ПРОЦЕСУ В ЛІТОСФЕРІ БУКОВИНІ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

Вступ

Територія Буковини, а також сусідніх Покуття і Гуцульщини утворюють східний сегмент гірської дуги Українських Карпат, який відрізняється характерними особливостями геомеханіки та сейсмотектонічного процесу порівняно з іншими територіями Карпатського регіону України. Оскільки ця територія характеризується помітною сейсмічністю і є досить густо заселена, детальне вивчення місцевої сейсмічності та сейсмотектонічного процесу є актуальним завданням з погляду

уточнення рівня сейсмічної небезпеки у субрегіоні.

Тектонічна позиція субрегіону

Територіально Буковина, Покуття і Гуцульщина належать до Карпатського регіону України (рис. 1), який характеризується помітною сейсмічністю. Східні Карпати, які є основною геоструктурною одиницею регіону, входять до північної гілки сейсмічно і тектонічно активного Альпійського гірського поясу Європи [1–6].

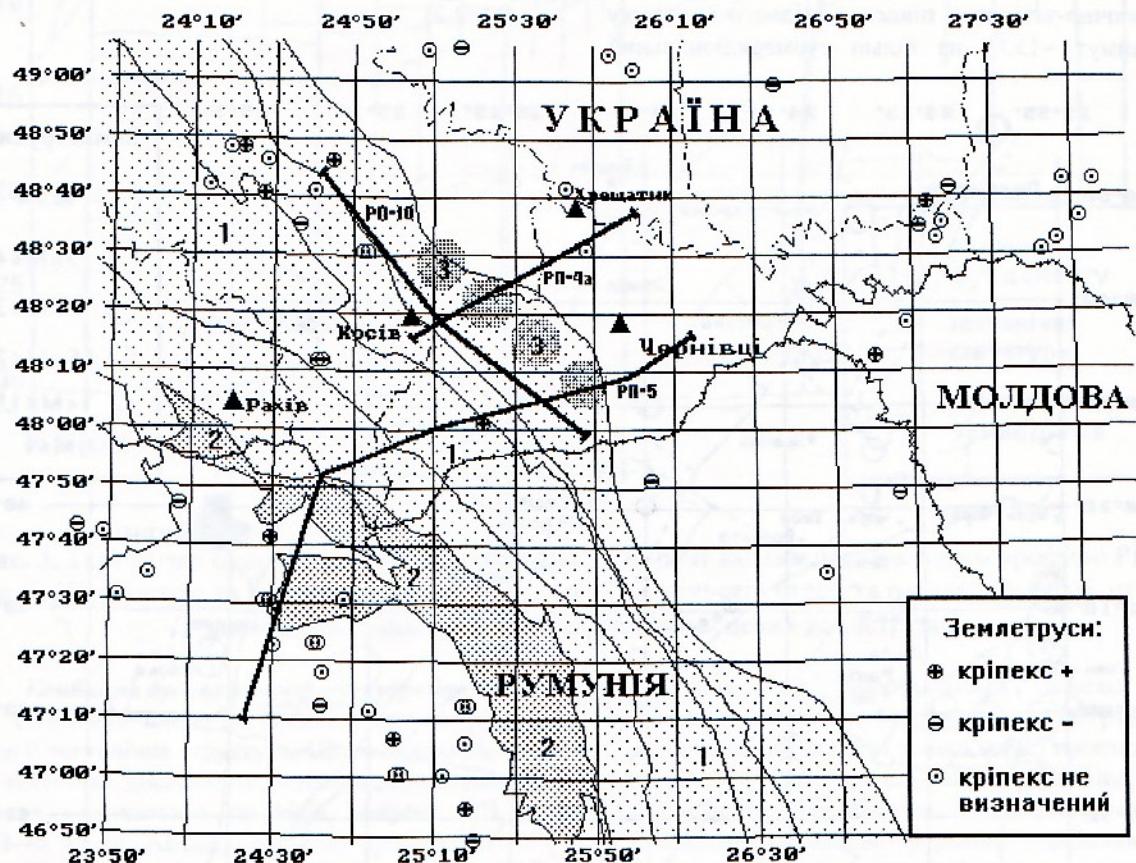


Рис. 1. Сейсмічність (за 1990–2001 рр.) та загальна тектоніка літосфери Буковинських Карпат і прилеглих територій (позначені регіональні профілі, основні тектонічні структури Карпат – карпатські покриви (1), Paxivський кристалічний масив (2) та зону розвитку інtrузій герцинського віку (3), а також знак кріпекс деяких місцевих землетрусів)

Тектонічно дана територія примикає також до східного закінчення зони колізії Східноєвропейської і Західноєвропейської платформ. З північного сходу цю територію формують і обмежують тектонічні структури Передкарпатського прогину, який у межах Українського Передкарпаття формувався на місці складно побудованих древніших платформ

і докембрійського Лежайсько-Добрудзького масиву та його облямування. Вказані чинники визначили місце закладення прогину, його розвиток у напрямку платформ та особливість будови. Так, Передкарпатський прогин включає в себе Зовнішню зону, яка поділяється на: підняту північно-східну частину та глибоко опущену південно-західну частину, Круке-

ницьку і Лопушнянську півдзони. Другою важливою тектонічною одиницею прогину є також Внутрішня зона, яка простягається з північного заходу на південний схід вздовж Карпат і структури якої, за даними регіональних геофізичних досліджень та буріння, продовжуються на десятки кілометрів на південний захід під карпатські насуви. Треба також відзначити велику роль у формуванні тектоніки регіону низки древніх поперечних і поздовжніх регіональних дислокацій. Всі перелічені особливості тектонічної будови земної кори території Буковини, Покуття і Гуцульщини є, поряд з особливостями наявних тут геодинамічних процесів, визначальними щодо її сейсмічності. Щодо геоморфологічної характеристики субрегіону, то тут починається поворот карпатських хребтів з діагонального північно-західно – південно-східного напрямку (азимут $\sim 130^{\circ}$) на більш субмеридіональний

(азимут $\sim 150\text{--}170^{\circ}$) напрямок. Це тісно пов'язано з глибинною будовою, палео- та сучасною геодинамікою літосфери цієї території.

Сейсмічність території

Загальний аналіз сейсмічності субрегіону нами проведено за даними про історичні (за період 1822–1961 рр.) та зареєстровані інструментально (за період 1961–2004 рр.) землетруси [7–14]. Результати такого аналізу (Л.Є. Назаревич, А.В. Назаревич, 2002–2007 [15–22]) показують (рис. 1 і 2), що сейсмічність центральної частини цієї території порівняно невелика (магнітуди землетрусів в основному менше 2), можна сказати, спорадична у просторі і в часі, хоча з 1822 р. тут зафіковано декілька відчутних землетрусів (1822 р., Чернівці ($M=3$); 1950 р., Сторожинець ($M=4,5$); 2002 р., Глибока ($M=2,2$)).

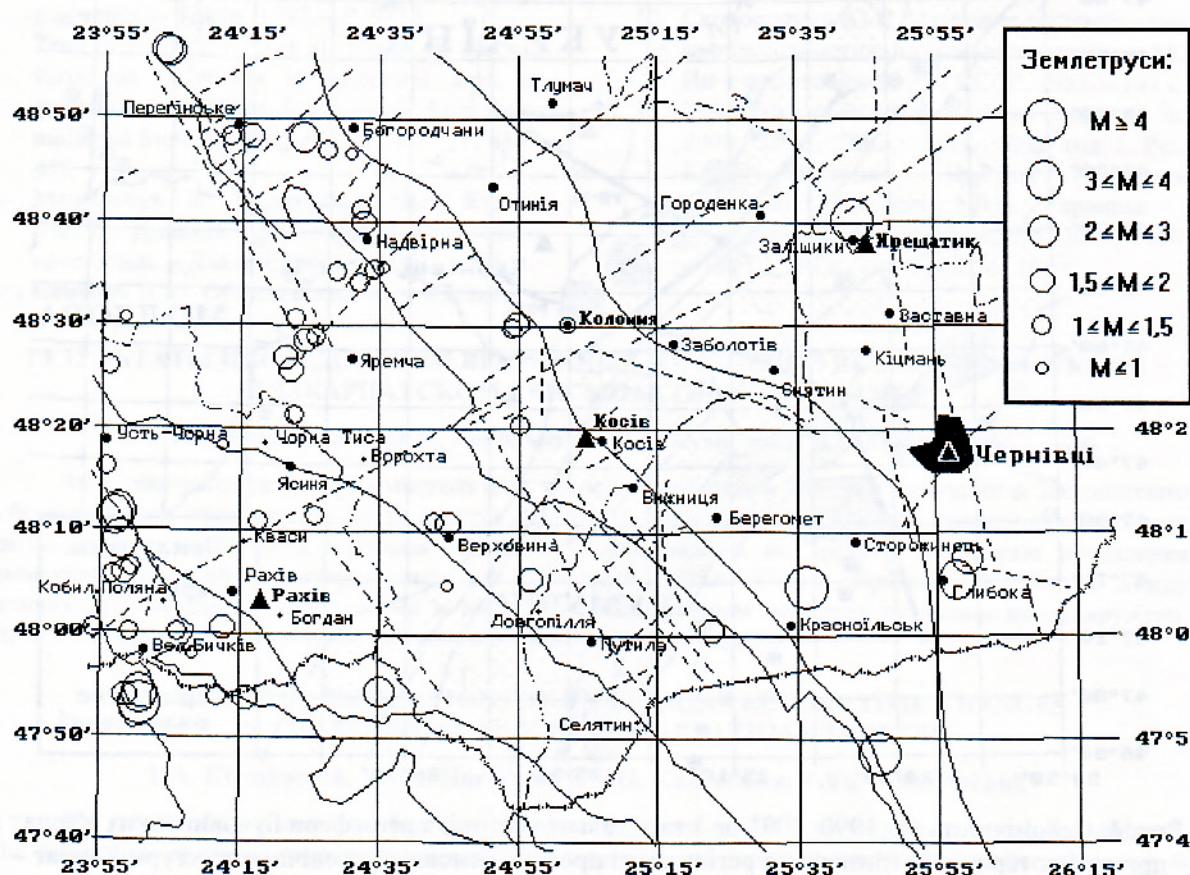


Рис. 2. Сейсмічність Буковини, Покуття та Гуцульщини за історичний період та період інструментальних спостережень (показано основні тектонічні структури Карпат та основні розломи (за В. Глушком та С. Кругловим [4]) та магнітуди місцевих землетрусів [7–14])

Інтенсивніша сейсмічність спостерігається по периферії цієї території – на півдні (у смузі зчленування Трансільванії і Карпат), на заході (впоперек Карпат на захід від лінії В. Бичків – Надвірна) і на півночі (вздовж тектонічних структур зони долини р. Дністра). Для деталь-

нішого дослідження сейсмічності цієї території нами перевизначено координати і глибини гіпоцентрів частини місцевих землетрусів (Л.Є. Назаревич, 2002–2006 [22, 23]) із застосуванням нових комп’ютеризованих варіантів методик. Результати дослідження показали

(рис. 3), що землетруси центральної частини (як у Покутсько-Буковинських Карпатах, так і в рівнинній передкарпатській частині Буковини), гіпоцентри яких потрапляють до зони регіонального профілю РП-5, переважно локалізуються на глибинах 20–33 км і приурочені до субвертикальних розломних структур фунда-

менту карпатського простягання. Порівняльний аналіз особливостей сейсмічного випромінювання вогнищ цих землетрусів показав, що для них характерне порівняно жорстке сейсмічне випромінювання, що відображається у від'ємних значеннях кріпекса цих землетрусів.

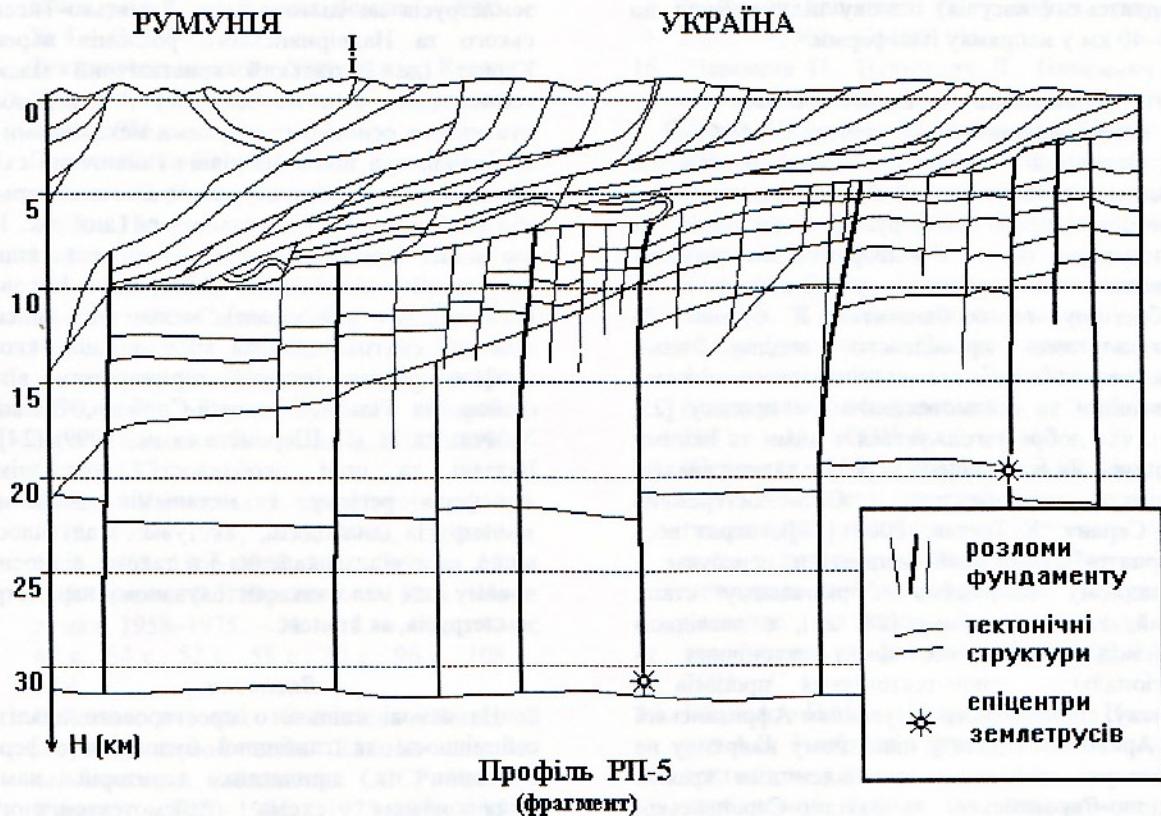


Рис. 3. Тектонічна будова літосфери Буковинських Карпат вздовж регіонального профілю РП-5 (за П. Шереметою та ін. [24]): показано карпатські насувні структури та розломи фундаменту, а також локалізацію гіпоцентрів деяких місцевих землетрусів

Глибинна будова літосфери субрегіону

Важливий вплив на геодинаміку літосфери має її тектонічна структура. Щодо Буковини, то її тектоніка досліджена останнім часом рядом нових регіональних профілів, зокрема, РП-5, РП-4а та ін. Аналізуючи дані профілю РП-5 (П. Шеремета та ін., 1999 [24]), бачимо (рис. 3), що тут, як і в усіх Українських Карпатах, простежується потужна система насувів і складок північно-східної вергентності в алохтонній частині. Основна площа насуву карпатських покривів у південно-західній прирумунській частині Покутсько-Буковинських Карпат локалізується на глибині 8 км, плавно піднімаючись у напрямку до Передкарпатського розлому до глибини 4 км, а потім досить різко (протягом 10 км, у межах Бориславсько-Покутської та Самбірської зон прогину) піднімається догори. Ця площа насуву підстилається відкладами Карпатського

форланду, які простягаються далеко на південний захід під Карпати, до зони різкого зменшення потужності земної кори і простежені практично на всій площи регіону за відбиваючим горизонтом I (покрівля юри).Автохтонні відклади форланду представлені протерозойськими, палеозойськими, мезозойськими та кайнозойськими породами і за системою ступінчастих розломів карпатського простягання занурюються в південно-західному напрямі до глибини 10–15 км. Вони розсічені також поперечними розломами – зсуви, які у взаємодії з поздовжніми зумовили блоковий стиль тектоніки. Амплітуди вертикальних зміщень по поздовжніх розломах становлять від 0,1 до 2–3 км, а по поперечних не перевищують 300 м. Частина з цих розломів є неглибокими і простежується ще на 5–7 км вглиб фундаменту, а інші, більш глибинні, йдуть аж до мантії. Границя Конрада на профілі локалізується на

глибинах 13–17 км під Карпатами (утворюючи тут антиклінальне підняття з вершиною в районі м. Путила) і на глибинах 20–22 км під Передкарпатським прогином. Поверхня Мох, навпаки, утворює під Карпатами прогин, занурюючись від 36–37 і 39–41 км (Бреаза (Румунія) і г. Чивчин (Україна)) до 47 км на ділянці Путила – Шепіт (під зовнішнім краєм карпатських насувів) і знову піднімається до 38–40 км у напрямку платформи.

Загальна геомеханічна схема сейсмотектонічного процесу в субрегіоні

Описаний вище часово-просторовий розподіл сейсмічності та її особливості (сила і повторюваність землетрусів, локалізація їх гіпоцентрів та ін.) є відображенням сучасних геодинамічних процесів у літосфері цього субрегіону та особливостей її будови. За результатами проведеного аналізу нами пропонується така геомеханічна схема місцевої тектоніки та сейсмотектонічного процесу [25, 26], яка добре узгоджується з цими та іншими даними. Як встановлено за результатами аналізу даних перманентних GPS-спостережень (О. Серант, К. Третяк, 2000 [27]), зараз весь Карпато-Паннонський мегарегіон перебуває у складному напруженого-деформованому стані, який, на нашу думку [28, 29], є наслідком взаємодії глобальних плейт-тектонічних та регіональних плюм-тектонічних процесів – стиску, спричиненого насуванням Африканської та Аравійської плит у північному напрямку на затиснуті між ними та південними краями Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ мікроплити та інші тектонічні структури (Ю. Крупський [2], Ф. Хорват [30] та ін.) та розтікання у боки астеноліта під Паннонією відповідно (А. Чекунов та ін. [31]). По периферії цього процесу, тобто, в зоні Карпатської дуги існує обстановка стиску і утворення насувів. Оскільки з внутрішнього боку дуги в зоні Буковинських Карпат смугою розташовані давній, а отже, механічно консолідований Рахівський кристалічний масив та інші подібні масиви Румунії (гори Родна, гори Келіман та ін. [32]), вони механічно значно захищають цю зону Карпат від диференційованої просторової дії стиску. Звідси перед фронтом цієї структури з боку дії тектонічних сил, тобто з боку Трансільванії існує концентрація напружень та деформацій, яка і відображається смugoю підвищеної сейсмічної активності у цій зоні. Додатково така концентрація напружень і сейсмічності зумовлюється, на нашу думку, меншою, ніж у розташованих на північний схід від масиву карпатських структурах загальною товщиною кори та її реологією (враховуючи особливості розподілу мантійного теплового потоку та глибинних

температур) і дугоподібною ввігнутістю в плані самих тектонічних структур. Аналогічні просторові закономірності розподілу сейсмічної активності і аналогічні можливі їх причини існують і у Східних Альпах (А. Назаревич і Л. Назаревич, 2005 [21]). У руслі цих побудов зрозуміло стає підвищена сейсмічна активність по лінії В. Бичків – Надвірна з прив'язкою землетрусів до діагональних Рахівсько-Тисенського та Надвірнянського розломів вхрест Карпат (де Рахівський кристалічний масив геомеханічно вже не захищає) і з передбачуваними в основному зсуvinimi mechanizmami в їх вогнищах, а також на північ і північний схід по тектонічних структурах краю платформи уздовж Дністра [7, 33], враховуючи (див. рис. 1), що з цієї сторони літосферу Карпат захищає розташована південніше (район міст Косова, Коломиї та Заболотова) механічно консолідована смугова ділянка кори з ланцюжком апофізоподібних інtruzij герцинського віку (район сіл Гільче, Ревковці-Слобода, Білівці, Химчин та ін. (П. Шеремета та ін., 1999) [24]). Вказані та інші особливості геомеханіки літосфери регіону і механізмів місцевих землетрусів знаходять, як уже згадувалося вище, своє віддзеркалення і в такому відносно новому і ще мало використовуваному параметрі землетрусів, як кріпекс.

Висновки

На основі спільногого просторового аналізу сейсмічності та глибинної будови літосфери Буковини та прилеглих територій нами запропонована схема сейсмотектонічного процесу в цьому субрегіоні, яка добре узгоджується з наявними тектонофізичними, сейсмологічними, геологічними та геодезичними даними і природно, повністю відповідно до законів геомеханіки пояснює зазначені нами вище часово-просторові, енергетичні та інші особливості місцевої сейсмічності і сучасної геодинаміки літосфери східної частини Українських Карпат. У межах цієї схеми знаходить своє природне пояснення і встановлена в останні роки порівняно слабка інтенсивність сучасних геодинамічних процесів у розташованому в центральній частині субрегіону під “геомеханічним захистом” Рахівського кристалічного масиву Чорногірському гірському масиві Українських Карпат (Петрос – Говерла – Туркул – Кедроватий – Дземброня – Чорногора – Вихід – Стіг) і, зокрема, в районі розташування давньої обсерваторії на горі Чорногора (Піп-Іван).

Література

1. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты / Отв. ред. В.И. Бунэ,

- Г.П. Горшков. – М.: Наука, 1980. – 308 с.
- Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. – К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.
- Латынина Л.А., Вербицкий Т.З., Игнатышин В.В. О деформационных процессах в северо-восточной части Карпато-Балканского региона // Физика Земли. – 1995. – № 4. – С. 3–16.
- Тектоническая карта Украинских Карпат / Под ред. В.В. Глушко и С.С. Круглова. – Киев, 1986.
- Геодинамика Карпат / Под. ред. В.В. Глушко и С.С. Круглова. – Киев: Наук. думка, 1985. – 136 с.
- Гофштейн И.Д. Неотектоника Карпат. – Киев: Изд-во АН УССР, 1964. – 176 с.
- Костюк О., Сагалова Є., Руденська І., Пронишин Р., Кендзера О. Каталог землетрусів Карпатського регіону за 1091–1990 роки / Праці наукового товариства імені Шевченка. Т.1. – Львів, НТШ, 1997. – С. 121–137.
- Каталог Карпатських землетрусів за 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961–1962, 1963–1965, 1966–1967, 1968–1969 рр. / Ред. С.В. Євсєєв, О.І. Юркевич. – Київ: Наук. думка, 1958–1975. – № 1–15. – 44 с., 42 с., 40 с., 54 с., 52 с., 58 с., 20 с., 96 с., 108 с., 57 с.
- Сейсмологический бюллетень Западной территорииальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР. Крым – Карпаты, 1970–1974, 1975–1976, 1977, 1978–1979, 1980, 1981–1982, 1983, 1984, 1985 гг. / Ред. И.И. Попов, Б.Г. Пустовитенко. – Киев: Наук. думка, 1980, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988. – 190 с., 160 с., 156 с., 191 с., 111 с., 214 с., 124 с.
- Сейсмологический бюллетень Западной территорииальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР. 1986, 1987, 1988, 1989 г. / Ред. Б.Г. Пустовитенко. – Киев: Наук. думка, 1989, 1992, 1991, 1992. – 136 с., 158 с., 156 с., 144 с.
- Сейсмологический бюллетень Украины и Молдовы за 1990 год. / Ред. Б.Г. Пустовитенко – Киев: Наук. думка, 1994. – 194 с.
- Сейсмологический бюллетень Украины за 1992, 1993, 1994 г., 1995–1996 г.г., 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 г. / Ред. Б.Г. Пустовитенко – Симферополь, Ин-т геофизики им. С.И. Субботина НАН України, 1995, 1996, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004. – 130 с., 92 с., 84 с., 148 с., 130 с., 120 с., 113 с., 148 с.
- Czernowitz Tagbatt". N:1696, 8.10; N:1697, 9.10, 1908.(газета).
- Сагалова Е.А. К вопросу о сейсмическом районировании Буковины // Сейсмичность Украины. – Киев: Наук. думка, 1969. – С.70–80.
- Назаревич Л.Є. Характеристики сейсмичності і сейсмотектонічного процесу в Закарпатті: новий погляд на сейсмоекологічну небезпеку регіону // Наук. вісник Ів.-Франк. нац. техн. ун-ту. нафти і газу. – 2002. – 4, №3 – С. 170–175.
- Шеремета П., Назаревич Л., Назаревич А. Особливості будови і геодинаміки літосфери Покутсько-Буковинських Карпат // VII Міжнародний наук.-тех. симпозіум “Геоінформаційний моніторинг навколошнього середовища – GPS і GIS-технології”. – Львів, 2002. – С. 84–87.
- Шеремета П.М., Назаревич Л.Е. Назаревич А.В. Строение и геодинамика литосферы Буковины // “Пятье ежегодные геофизические чтения им. В.В. Федынского” (материалы конференции). – Москва, 2003 г. – М.: ГЕОН, 2003. – С. 53.
- Шеремета П.М., Назаревич Л.Е., Назаревич А.В. Особенности глубинного строения, геодинамики и сейсмотектонического процесса в литосфере Буковины // Материалы международной конференции “Научное наследие академика Г.А. Гамбурцева и современная геофизика”. – М.: ИФЗ РАН, 2003. – С. 64–65.
- Шеремета П.М., Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Глибинні структури герцинського тектонічного циклу в літосфері Буковини: особливості будови та геодинаміки. // Матеріали V Міжнародної наукової конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища”. 7–9 жовтня, Київ-2004. – Київ, КНУ, 2004. – С. 38–39.
- Sheremet Petro, Starodub George, Sirchenko Valery, Nazarevych Lesya, Nazarevych Andriy. Deep structure and geodynamics of Bukovyna Carpathian and Forecarpathian lithosphere by geophysical data. // 32nd IGC, Florence, 2004. Scientific Sessions: abstracts (part 2), № 280-6 – P. 1239.
- Назаревич А., Шеремета П., Кендзера О., Назаревич Л. Літосфера Буковини і Східних Альп: тектоніка, геодинаміка та сейсмічність // Х ювілейний науково-технічний симпозіум “Геоінформаційний моніторинг навколошнього середовища – GPS і GIS-технології” (6-11 вересня 2005 р. Алушта, Крим) – Львів, ЛАГТ, 2005. – С. 64–68.
- Назаревич Л.Є. Характеристики сейсмичності і сейсмотектонічного процесу в зонах Карпатського регіону. Автореф. дис... кандидата геол. наук. – Київ: ІГФ. – 2006. – 21 с.

23. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Методики уточнення параметрів гіпоцентрів Карпатських землетрусів // Геодинаміка. – 2004. – 1 (4). – С 53–62.
24. Шеремета П.М. Перспективи відкриття родовищ нафти та газу в південно-східній частині форланду під Карпатським орогеном // Нафта і газ України. – Київ, 2002. – Т. 1. – С. 283–288.
25. Назаревич А.В., Шеремета П.М., Назаревич Л.Е. Особенности сейсмичности и сейсмотектонического процесса в восточной части Украинских Карпат, их связь со строением и геодинамикой литосферы субрегиона // Сборник материалов международной конференции «Уроки и следствия сильных землетрясений». Ялта, 25–28 сентября 2007 г., Крым, Украина. – Симферополь, КЭССС, 2007. – С. 183–185.
26. Назаревич А.В. Характерні риси сейсмотектонічного процесу в літосфері Буковини та сусідніх територій // Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища. Матеріали наукової конференції. 9–11 жовтня 2007 р., м. Львів. – Львів: «СПОЛОМ», 2007. – С. 77–78.
27. Серант О.В., Третяк К.Р. Сучасні горизонтальні деформації земної поверхні Центральної Європи за результатами GPS-
- кампанії CERGOP // Геодинаміка. – 2000. – № 1 (3). – С. 7–13.
28. Nazarevych A., Nazarevych L. Modern and alpine geodynamics of Ukrainian Carpathians (multi-tier “crocodile” or “shaking hand” and “fir-tree” tectonics) // Proceedings XYIII-th congress of the Carpathian-Balkan geological association. September 3-6, 2006, Belgrade, Serbia. – Belgrade, 2006. – P. 399–401.
29. Nazarevych L., Nazarevych A. Seismicity and geomechanics of Ukrainian Carpathians region lithosphere // Proceedings XYIII-th congress of the Carpathian-Balkan geological association. September 3-6, 2006, Belgrade, Serbia. – Belgrade, 2006. – P. 402–403.
30. Horvath F. Towards a mechanical model for the Pannonian basin // Tectonophysics. – 1999. – V 226. – P. 333–357.
31. Литосфера Центральной и Восточной Европы / Под ред. А.В. Чекунова. – Киев: Наук. думка. 1987–1993.
32. Онческу Н. Геология Румынской народной республики. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1960. – 520 с.
33. Кендзера О., Пронишн Р., Бень Я. Сейсмічна небезпека Передкарпаття // “Праці Наукового товариства імені Шевченка”. – Львів, НТШ, 1997. – Т.1. – С. 104–113.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЛИТОСФЕРЕ БУКОВИНЫ И СОСЕДНИХ ТЕРРИТОРИЙ

Л.Е. Назаревич, А.В. Назаревич

В работе проанализированы сейсмичность и глубинное строение литосферы Буковины и прилегающих территорий и предложена общая геомеханическая схема сейсмотектонического процесса в субрегионе, которая согласуется с имеющимися тектонофизическими, сейсмологическими, геологическими и геодезическими данными и объясняет наблюдаемые здесь пространственно-временные, энергетические и другие особенности местной сейсмичности и современной геодинамики литосферы.

FEATURES OF SEISMOTECTONIC PROCESS IN LITHOSPHERE OF BUKOVYNA AND ADJOINING TERRITORIES

L.Ye. Nazarevych, A.V. Nazarevych

In the article the seismicity and deep structure of lithosphere of Bukovyna and adjoining territories is analysed and the general geomechanical scheme of seismotectonic process in subregion is proposed, which adjusts with present tectonophysical, seismological, geological and geodesic data and explains observed here spatial-temporal, energetic and other peculiarities of local seismicity and modern geodynamics of lithosphere.

¹Відділ сейсмічності Карпатського регіону ІГФ НАНУ, м. Львів,

²Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна
НАН України, м. Львів

Надійшла 10.12.07