

ГЕОДИНАМІКА І ОСОБЛИВОСТІ СЕЙСМОТЕКТОНІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЕРЕГІВСЬКОЇ ГОРСТОВОЇ ЗОНИ (ЗАКАРПАТТЯ)

Назаревич А.В.* , Назаревич Л.Є.**

(*Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України

**Карпатська дослідно-методична геофізична партія)

Резюме. За результатами комплексного аналізу геологічних, геоморфологічних, геодезичних, геофізичних і сейсмологічних даних відтворена цілісна картина геодинамічного та сейсмотектонічного процесу в Берегівській сейсмоактивній зоні Закарпаття.

Берегівська горстова зона, яка територіально співпадає з районом Берегівського горбогір'я, розташована в центрі південної частини Чоп-Мукачівської западини - західної частини Закарпатського прогину (рис. 1) і виділяється специфічністю глибинної будови, тектонічною і сейсмічною активністю в структурі та геодинаміці земної кори Закарпаття.

На фоні загального субрегіонального процесу з характерним стиском в напрямку, перпендику-

лярному дузі Карпат [1-5], район Берегівського горбогір'я характеризується вираженим (0,7-1,4 мм./рік) зводовим підняттям з диференціацією на окремих мікроблоках. Особливо виражений цей процес на самому горбогір'ї, яке (за визначенням геологів) є мультикупольною структурою і співпадає в плані з блоком Берегівського горсту (різкого підняття донеогенового фундаменту). Це підняття прослідовується за новими (геологія [6-13]), найновішими (геоморфологія [14]) і сучасними

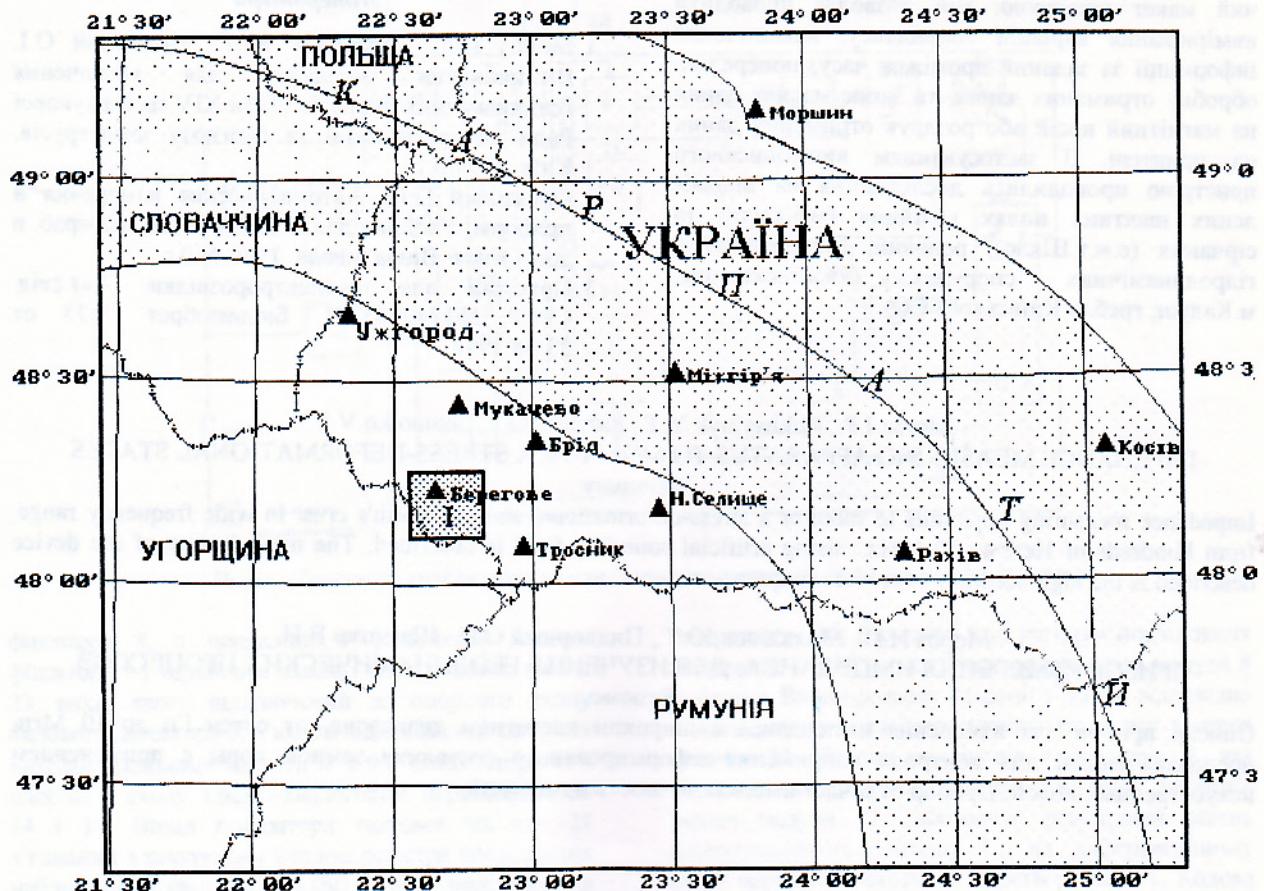


Рис. 1. Зона Берегівського горбогір'я (І) на території Закарпаття і мережа режимних геофізичних станцій Карпатського геодинамічного і сейсмопрогностичного полігона.

(геодезія [15-18], геоакустика [19-24]) рухами. Підняття прослідовується як в морфології денної поверхні з різко вираженим рельєфом самого горбогір'я, так і в структурі та параметрах гідромережі, в структурі осадових товщ і ще більш виражено - в структурі фундаменту. Отже, воно є результатом ще неотектонічного процесу, коли тут відбувалася активна вулканічна діяльність [12, 13], і, очевидно, зачіпає також більш глибокі шари літосфери, враховуючи наявність в районі Берегово похованіх палеовулканічних структур та продуктів їх діяльності, золото-поліметалеве зруденіння Берегово-Мужієвського, Беганського та Квасівського родовищ Берегівського рудного району [6-11], пов'язаних з системою глибинних, геодинамічно активних розломів. Ці структури оконтурюють Берегівську депресію (за даними геологів - Берегівську палеокальдеру) та Берегівсь-

кий горст (рис 2) і по них відбувався винос у приповерхневі шари гарячих глибинних золотовмісних флюїдів [11].

Про сучасну геодинамічну активність цього району свідчить наявність в зоні вершини гори Мужієвської (Великої Берегівської) глибинної температурної аномалії (яка, за деякими теоріями [25, 26], могла бути як першопричиною, так і одночасно продуктом такого купольного підняття), геодезичні дані про вертикальні рухи цього району за період з 1948 р. по 1980 р. (рис 3.а) [17, 18], просторова структура та часові варіації різних геофізичних полів, зокрема, дані наших параметричних сейсмогеоакустичних досліджень (рис. 4) [19-24], деформографічні дані [1-4], а також безпосередні дані нівелювань до і після Берегівського землетрусу 1965 р. (рис. 3.б.) [27, 28]



Рис. 2. Тектоніка донеогенового фундаменту і пункти геофізичних спостережень в зоні Берегівського горбогір'я.

Цей сейсмічно і геодинамічно активний район вже більше 20 років вивчається нами за допомогою різних геофізичних методів на кількох пунктах спостережень (рис. 2). Це пункт параметричних сейсмогеоакустичних спостережень в штолні № 23 (№4) на горі Мужієвській (Великий Берегівський), розташований на південному схилі гори в підніжжі її вершинного купола, кварцевий деформограф, розташований поблизу в штолні № 11, пункт сейсмічних спостережень на Великобеганському горбогір'ї (на захід від села Велика Бегань), і, нарешті, режимна геофізична станція "Берегове", розташована на північно-західному краї Берегівського горбогір'я, на північному схилі гори Ардово (біля північної околиці м. Берегове - присілка Чопівка), де проводяться режимні деформографічні, сейсмічні і магнітометричні спостереження, метою яких є безперервний контроль геодинамічного режиму, пошук геофізичних провісників аномалій і прогноз місцевих закарпатських землетрусів.

В результаті аналізу отриманих під час цих багаторічних спостережень даних в комплексі з іншими даними про тектоніку і геодинаміку цього району було синтезовано цілісну картину місцевого геодинамічного процесу і розшифровано сценарії та механізми землетрусів Берегівської сейсмоактивної зони.

Для опису цієї картини послідовно розглянемо і детальніше проаналізуємо комплекс наявних геолого-геофізичних, геоморфологічних і геодезичних даних.

Тектоніка.

В районі Берегівського горбогір'я в структурі фундаменту земної кори Закарпаття виділяються два основні блоки [29, 30] (рис. 2.а) - розміщений східніше сильно піднятий (на 200-300 метрів) блок Берегівських горстів і розміщений на захід від нього відносно опущений блок локальної Берегівської депресії, який геологами [6-13] визначається, як Берегівська вулканічна палеокальдера. Вони розділені глибинним Берегівським меридіональним розломом, який в плані має тут S-

подібну форму. З півдня і південного заходу ці два блоки обмежує зона Припанонського глибинного розлому. Зі сходу блок горстів обмежений Боржавським розломом (І на рис. 2.а) антикарпатського напрямку, а з півночі і північного сходу - дещо Z-подібним в плані Квасово-Зміївським локальним розломом (ІІ) карпатського простягання (майже паралельним Припанонському). Блок Берегівської депресії з півночі оконтурений Беганським локальним розломом (ІІІ) карпатського простягання (паралельно Припанонському), а з північного заходу і заходу - локальним розривом (ІV), який відокремлює його від Велико-Беганського підняття (Беганської горстової структури).

Структура фундаменту. Блок Берегівських горстів в плані нагадує тупокутний трикутник (рис. 2.а), розташований між селами Чопівка (на північному заході), Велика Бакта (на півдні) і річкою Боржавою (між селами Добросілля і Квасово - на сході), повернутий своєю вершиною на південний захід. Довжина його (в карпатському напрямку, з сходу (від р. Боржави) на північний захід (до Чопівки)) - 12 км, найбільша ширина (в антикарпатському напрямку, від В. Бакти до Зміївки) - 6 км.

Східне крило блоку, що простягається дещо вигнутою на північний схід дугою вздовж Припанонського розлому, більш широке (шириною 4-5 км.) і потужнє (довжина - до 9 км.), його кут зі сходу зрізаний Приборжавським розломом. Західне крило блоку (простягається дугою вздовж Берегівського меридіонального розлому) більш вузьке (ширина - 2-3 км.) і коротке - довжиною до 7 км. Блок Берегівської депресії в плані нагадує круг (радіусом близько 6 км) з центром на північ від Лужанки і зрізаним Припанонським розломом південно-західним сегментом і являє собою (за геологічними даними) палеокальдеру на місці Лужанської палеовулканічної структури. Структура поверхні фундаменту в загальних рисах наступна [30]: привершинна область блоку горстів (район гори Мужієвської) - найбільш піднята (абсолютна висота (відносно рівня моря) становить -350 м), а в напрямку на північ, північний схід і схід поверхня фундаменту опускається відповідно на 150 м, 200 м і 250 м. Повехня фундаменту блоку депресії опущена відносно фундаменту блоку горстів на 200 м (в зоні перетину Берегівського і Припанонського розломів, абсолютна висота -550 м) і порівняно плавно опускається на північ, північний захід і захід. Порівнюючи між собою структуру даних

блоків фундаменту, зауважимо, що вони є протилежно орієнтованими структурами як в плані, так і по загальному нахилу поверхонь фундаменту відносно Берегівського розлому, який їх розділяє. Як буде показано далі, це не випадковий факт, а спричинено новітньою і сучасною геодинамікою даного району.

Геологічні дані. Неотектоніка.

Структура Берегівського горбогір'я детально вивчена різними геологічними методами (наземним, штолневим, шахтним, бурінням) в зв'язку з розвідкою Берегово-Мужієвського золото-поліметалевого родовища [6-11]. Структура гори Берегівської є складною і в плані, і в розрізі, вона ускладнена численними розломами і розривами з значними зміщеннями горизонтів. На західному схилі гори чітко виділяються розриви скидо-розсувної кінематики, які перетинають осадові товщі аж до четвертинних відкладів (гальок і глин) включно і тяжіють своїми коренями до зони Берегівського меридіонального розлому. Крім них чітко видно розрив, невеликий кут падіння якого ($20-30^{\circ}$) і зміщення висячого крила вверх вказують на те, що це насув, який певний час відбувався в напрямку приблизно з заходу на схід (очевидно, в умовах відповідного стиску) і (поряд з іншими процесами) спричинив формування вершинного купола гори Берегівської. Південний схил каскадом скидovих уступів (особливо виражених в структурі фундаменту) спадає до Припанонського глибинного розлому [11], східний і північно-східний схили також кількома блоками з різним нахилом поверхонь і границь порівняно плавніше зникаються в сторону Боржавського і Квасово-Зміївського розломів. Структура південного схилу, де величина уступів зменшується від нижніх горизонтів неогенового чохла (150-250 м по підошві, або по поверхні фундаменту) до верхніх (80-100 м по покрівлі неогену і до 50-60 м - вище) свідчить, з одного боку, про те, що в загальному неогеодинамічний режим тут характеризувався поступовим випукуванням центру структури з розривами скидо-розсувної кінематики на її південному краї, а з іншого - що структура зазнавала опускань (можливо, в рамках всього регіону чи субрегіону), оскільки верхні шари осадових порід формувалися в умовах теригенного або мілководного режимів осадонакопичення і початково їх покрівля була горизонтальною. Враховуючи наявність аналогічних осадових товщ в структурі неогенового чохла цілого району, в сукупності ці дані свідчать про циклічність

неогеодинамічних процесів на даній території з послідовними змінами фаз опускань і підняття і з вираженім на цьому фоні мультикупольним підняттям самої структури горбогір'я.

Флюїдний режим гідротермальних процесів. На користь скидової природи формування уступів фундаменту та розривів шарів неогенового чохла південного і західного схилів гори Берегівської говорять також результати аналізу флюїдного режиму при формуванні Мужієвського (південний схил і підніжжя вершинного купола гори Мужієвської) та Берегівського (західний схил гори) золото-поліметалевих родовищ [11]. Обидва родовища формувалися шляхом розкристалізації з гарячих глибинних флюїдів різних золото- та поліметаловмісних солей. Розсоли піднімались з глибин по відкритих, геодинамічно активних розломах і при зниженні гідростатичного тиску та охолодженні переходили в насичений стан. На основі відомих гідротермальних параметрів кристалізації різних солей і дослідженого вмісту цих солей в рудних жилах з різних глибин було встановлено локалізацію глибинних палеоізотерм [11]. Дані цих досліджень показали, що в районах інтенсивних і геодинамічно активних розривів (по яких наявні зміщення горизонтів і з якими пов'язані рудні тіла), котрі тяжіють своїми коренями до Припанонського (південний схил) і Берегівського (західний схил) розломів, палеоізотерми проходили на 80-100 метрів вище, ніж в районах з непорушену структурою порід [11]. Такий палеотермічний режим міг мати місце тільки за умов дуже інтенсивного виносу флюїдів і відповідного прогріву прилеглих зон масивів порід (враховуючи теплоємність і тепlopровідність цих порід), а це, в свою чергу, було можливе тільки в умовах розтягу і розкритості цих розривів, але аж ніяк не в умовах стиску. Отже, висновок про формування структури гори Берегівської в умовах купольного підняття з розтягом-скидом по розривах у крайових південній та західній частинах підтверджується і геохімічними даними.

Геомеханіка. Скидо-розсувна кінематика розривів, що оточують купольне підняття (в даному разі гору Берегівську), може бути пояснена з точки зору геомеханіки земної кори. Якщо прийняти, що до початку підняття земна кора була рівною (а у випадку геоструктури гори Берегівської це підтверджується геологічними даними - наявністю в структурі всіх схилів гори і вершинного купола верхнього горизонту четвертинних гальок і глин, який сформувався в умовах теригенного рівнинного осадонакопичен-

ня), то купольне підняття - здуття частини кори робить цю ділянку кори випуклою, тобто дугоподібною за профілем. Оскільки, довжина дуги завжди є помітно більшою, ніж довжина стягуючої хорди, то очевидно, що дана ділянка кори зазнає розтягу, який тільки частково може бути скомпенсований за рахунок пластичності порід. Крім того по периферії структури, тобто на ділянках між центральною областю (де прикладені напрямлені вверх основні тектонічні сили, що піднімають дану структуру) і її контуром (де прикладені тільки напрямлені вниз гравітаційні сили, що діють на кору) виникають пари протилежно напрямлених сил, які разом з розтягуючими по латералі зусиллями спричиняють скидо-розсувні зміщення по розривах. Якщо ж врахувати, що в загальному земні кора Закарпаття перебуває в стані стиску в антикарпатському напрямку, то сума відповідних тектонічних сил і сил, що формують купольну структуру гори Берегівської, якраз і є причиною того, що південний і західний схили гори перебувають у стані значного розтягу і розчленовані численними скидами, а структури східного і північного схилів сформовані в умовах переважно помірного стиску і хоч також мають немало розривів, але без значних зміщень горизонтів.

Геотермічний генезис.

Важливим для розуміння геодинаміки району та її причин є аналіз геотермічних даних. Наведений вище аналіз флюїдного режиму гідротермальних процесів вказує на велику геотермічну активність цього району в неогені. Про це ж свідчить і наявність тут виходів вулканогенних порід, поховані палеовулканічні структури та інtrузії основних порід. Виходячи з фізики геотермічних і термомеханічних процесів, власне кондуктивний тепlopоперенос (поряд з прямим проникненням по глибинних розломах мантійних розплавів) а також нерозривно взаємопов'язане з усім цим проникнення по тріщинах (утворюваних внаслідок розігріву, розширення, розтягу, розущільнення, розтріскування залягаючих вище горизонтів порід) гарячих глибинних флюїдів є найімовірнішим джерелом геодинамічних процесів в цьому районі. Проведене В.В.Шевчуком [26] математичне моделювання цих процесів з врахуванням явищ термопружності, аномальних теплових полів і латерального стиску (що відтворює основні особливості геодинамічного режиму кори Закарпаття) підтвердило обґрутованість такого висновку, отриманого нами з загальних фізичних

міркувань. Результати такого моделювання підтверджують проведений нами аналіз геомеханіки цієї Берегівської купольної структури і вказують на наявність в приповерхневих шарах кори таких геотермічно активних районів інверсій зон (зон розтягу), які, залежно від конкретної геодинамічної обстановки (або, інакше кажучи, від фази процесу), концентруються в центральній або периферійній частині активізованої структури, чи мігрують з розвитком процесу від центру до країв. Цей останній висновок ко-респондується з результатами термобарохімічних досліджень про процеси формування Берегово-Мужієвського родовища [11], а про сучасну термо-геодинамічну активність структури свідчить наявність в зоні вершини гори Мужієвської значної (температура порід понад 30°C) температурної аномалії, яка чітко фіксується вже на рівні підошви гори (на глибинах порядку 140 м. від денної поверхні, горизонт 110 Берегівського шахтного поля).

Неогеодинаміка.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що характер розривів і відносних зміщень різних горизонтів (від донеогенового (юрського віку) фундаменту до верхнього горизонту четвертинних гальок і глин) в структурі гори Берегівської, а також аналіз загальної геомеханіки цієї структури показують, що на західному і південному флангах (відносно вершини гори) при формуванні данної структури в основному мали місце процеси випучування в центрі структури і скидні процеси на крилах, тоді як на східному і північно-східному флангах структура формувалася в умовах переважаючого помірного стиску. Глибинними першопричинами цього процесу було проникнення з верхньої мантії в земну кору мантійних розплавів [25], яке спричинило самовідтворюваний на все вищих горизонтах (хоча з певним спаданням масштабів) процес активізації кори (розігрів, розширення, спливання, випучування (купольне підняття), розтяг, розущільнення, розтріскування залягаючих вище шарів кори) [26]. Цей процес поширювався знизу вверх, аж до денної поверхні (про що свідчать виходи вулканогенних порід і закартовані за даними буріння та інтерпретації гравітаційних і геомагнітних аномалій поховані на невеликих глибинах (1-2 км) палеовулканічні структури та інtrузії основних порід) і супроводжувався як фазовими переходами в різних типах порід, так і проникненням по тріщинах і розломах гарячих глибинних флюїдів у верхні горизонти, тобто

процесами, які в значній мірі підтримували цей режим активізації в минулому і, можливо, є основним (гідротермальний прогрів) генератором сучасної геодинамічної активності району.

Очевидно, не випадково два крила Берегівського горсту (два ланцюги купольних піднят) розташовані вздовж найбільш активних Припанонського і Берегівського розломів. Адже там наявні численні розущільнені і тріщинуваті зони та розриви, по яких гарячі магма і глибинні флюїди могли легко підніматися у верхні частини кори, спричиняючи за рахунок термопружних процесів (за вказаними вище механізмами) формування купольних піднят. Зокрема, найсприятливіші умови для формування північного крила горсту (вздовж Берегівського розлому) створилися в період інверсії локального тектономагматичного процесу, коли затихла активність Лужанського палеовулкана, зона кори навколо його почала охолоджуватися, стискатися і виникаючи по периферії розтягуючі зусилля призвели до формування навколо цієї структури квазікільцевої системи розломів і дуги купольних піднят, виливу по них магм (гора Ардово).

Ці висновки ко-респонduються з результатами вивчення сучасних деформацій масиву, що проводилися за допомогою кварцевого деформографа в штолні №11, розміщений біля підніжжя південного схилу вершинного купола гори Мужієвської, геоакустичними даними (та результатам їх геомеханічної інтерпретації), отриманими під час багаторічних режимних спостережень в штолні № 23 (№4), розміщений в підніжжя цього схилу, а також узгоджується з загальною схемою сучасного геодинамічного режиму земної кори Закарпаття. Отже можна зробити висновок, що такий характер процесів зберігається і донині.

Новітня і сучасна геодинаміка.

Проаналізуємо тепер комплекс даних щодо найновіших і сучасних геодинамічних процесів.

Геоморфологія.

Хоча породи осадового чохла, який перекриває горстову структуру фундаменту Берегівського горбогір'я, є дуже пластичними (особливо каоліни та аргіліти) і майже нівелюють глибинну тектоніку, все ж детальний аналіз геоморфологічних даних (особливо, в комплексі з результатами дешифрування космознімків [6] та іншими даними) дозволяє виявити основні риси новітньої і сучасної геодинаміки району і самого горбогір'я. Стосовно цілого району такі дані наведені нижче разом з даними про сучасні

вертикальні рухи, а стосовно горбогір'я розглянемо їх тут детальніше. Аналіз морфоструктури окремих гір та їх схилів вказує на те, що тут і зараз відбуваються активні геодинамічні процеси, здебільшого успадковані від попередніх. Так, у структурі поверхні гори Мужієвської (В. Берегівської) чітко виділяється останець насуву, який сформував вершинний купол гори. Підковоподібний вивал на південному схилі цього купола з крутими флангами (крутизна схилів до $50\text{--}60^{\circ}$) і кам'яним осипом на південно-західному з них (крутизна до $70\text{--}80^{\circ}$) відповідають віддешіфрованим на аерофотознімках і дослідженням геологічно двом активним розломам (діагональному, який січе структуру гори з південного заходу на південний схід через вершину, і радіальному південно-східного напрямку), які сходяться підковою в районі вершини гори (приблизно 150 м південніше) [6]. Про їх активність в минулому свідчить наявність в зонах цих розломів золотоносних рудних тіл глибинного флюїдного походження, аномально високий глибинний тепловий потік в зоні діагонального розлому (район вершини (рис. 3)), а сучасна активність підтверджується даними наших режимних геоакустичних спостережень (рис. 4). Оскільки саме в зоні діагонального розлому (на 30 м нижче кам'яного осипу, в старій турецькій штоляні, де турки ще в 17 ст. добували золото в рудних тілах зони цього розлому) знаходиться пункт геоакустичного контролю. Цей розлом співпадає з ребром структури (на стику її південного і західного та північного і східного схилів) і трасується тут як на глибині (за геологічними (структурою рудних полів Берегівського родовища) даними), так і на поверхні (за даними дешифрування аерознімків і геоморфологічними даними, зокрема змінами горизонтальних і вертикальних профілів схилів, наявністю уступів і т.п.). Подібно ж (zmінами вертикальних профілів схилів і наявністю уступів) проявляються геоморфологічно і на аерознімках розриви в структурі осадових товщ південного і західного схилів гори, що вказує на наявність і концентрацію в зонах цих розривів взаємних вертикальних зміщень ділянок цих товщ, причому з наближенням до вершини гори і до діагонального та радіального розломів крутизна схилів, а отже, відносне перевищення цих ділянок зростають. Це свідчить про наявність радіально-променевого (з приуроченими до діагонального і радіальних розломів зонами особливої активності, які формують дещо зіркоподібний в плані рельєф

гори) купольного підняття щілії геологічної структури також і в новітніх рухах.

Вертикальні рухи.

Субрегіональний процес. Район Берегівського горбогір'я перетинається лінією повторного нівелювання 1 кл. по профілю Вилок-Берегове-Косини, який проходить вздовж залізниці і є частиною замкнутого полігона Батєво-Берегове-Хуст-Міжгір'я-Воловець-Свалява-Мукачево-Батєво. Хоча нівелювання проводилися тут ще за Австро-Угорщини (1882-1891 р.р.) і Чехо-Словаччини (1924-1937 р.р.), але їх якість (яка не відповідала сучасним вимогам) не дозволяє повністю поєднатися на отримані дані. Тому для аналізу сучасних вертикальних рухів району використано дані повторних нівелювань за період 1948-1980 р.р. [15, 17] (рис. 3.а). За цими даними (ділянка полігона нівелювання по лінії Вилок-Берегово-Косини, яка проходить вздовж залізниці) в районі Берегівського горбогір'я відбувається виражене зводове підняття величиною від 0,7-0,9 мм./рік (В.Бегань, Добросілля) до 1,4 мм./рік (Берегове, В.Бакта). Тобто найбільші величини підняття відмічаються саме в зоні Берегівського меридіонального розлому та блоку Берегівського горсту (рис. 3.а). Очевидно, що цей процес певним чином пов'язаний як з самим горбогір'ям, так і з горстовим підняттям фундаменту в його основі Адже, враховуючи, що горбогір'я в рельєфі денної поверхні перевищує оточуючі низовини на 260 м., а вся його поверхня, включаючи вершину, покрита шаром четвертинних гальок і глин, утвореним в процесі мілководного теригенного осадонакопичення, можна оцінити середню швидкість підняття структури горбогір'я за останні сотні тисяч років в 0,2-0,5 мм./рік. А враховуючи загальну циклічність геодинамічних процесів, яка проявляється також і в геологічній будові Берегівського горбогір'я, в конкретні невеликі проміжки часу швидкості підняття можуть бути в кілька разів більшими.

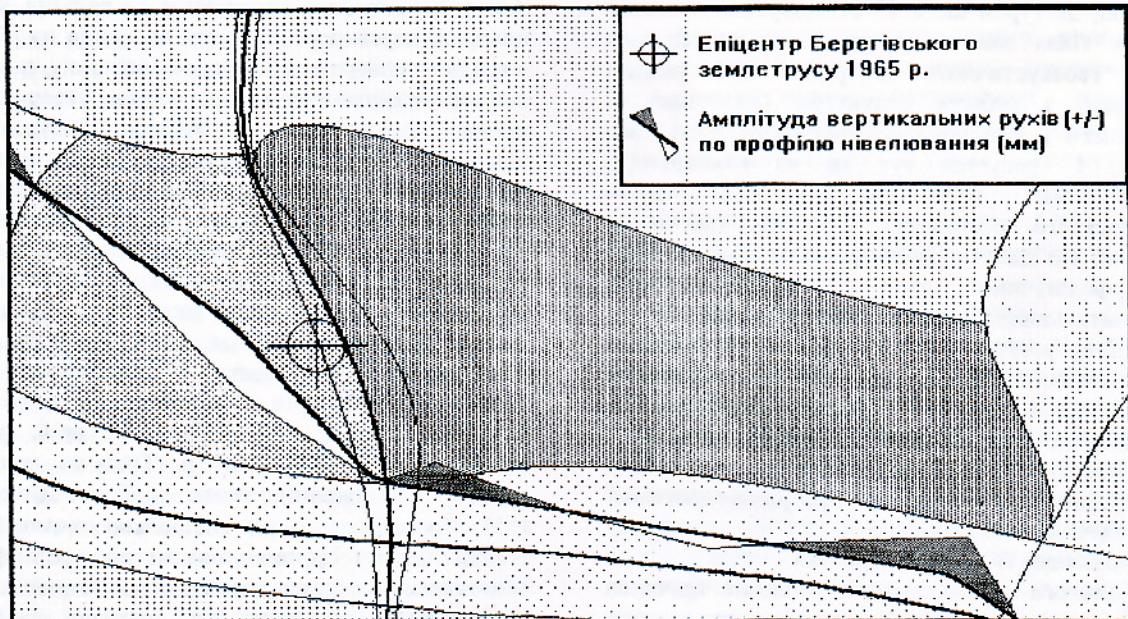
Натомість немає ніяких підстав поширювати виявлене за даними нівелювань по профілю зводове підняття на значно більший район (включаючи сюди долину р. Тиси та прилеглі території Угорщини), як це зроблено Сомовим [15]. Проведений нами спеціально геоморфологічний аналіз різних параметрів рельєфу і гідромережі (зокрема, горизонтального рисунку та вертикальних профілів рік Боржави і Тиси) показав, що дане зводове підняття локалізується тільки в районі Берегівських горстів, маючи в плані витягнуту вздовж горстової зони, близьку до еліптичної конфігурацію і дуже незначно (на рівні

не більше 0,5 мм./рік) зачіпає русло Тиси і Боржави в зоні на південь від Берегівського горбогір'я.

Локальний процес. В 1964 році в районі Берегівського землетрусу проводилось планове ні-



a.)



b.)

Рис. 3. Вікові (а.) та в період підготовки Берегівського землетрусу 1965 р. (б.) вертикальні рухи земної кори в районі Берегівського горбогір'я.

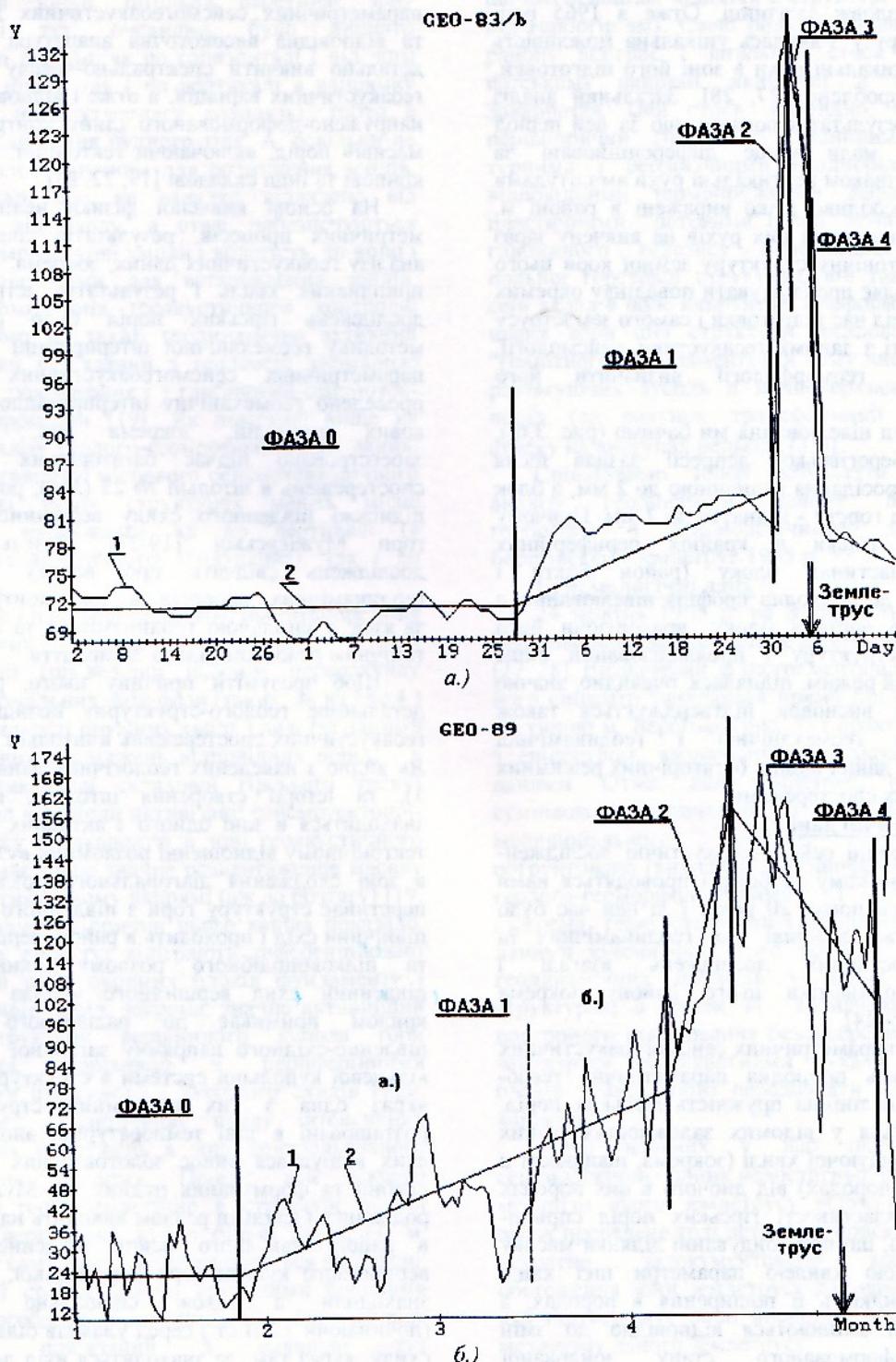


Рис. 4. Варіації геоакустичних параметрів, зареєстровані в масиві порід гори Мужієвської (Великої Берегівської) під час періодів активізації місцевого сейсмотектонічного процесу в Закарпатті в 1983 р. (а.) і в 1989 р. (б.).

велювання по лінії Вилок-Берегово-Косини, яка проходить вздовж залізниці. Отже в 1965 році після землетрусу з'явилась унікальна можливість вивчити вертикальні рухи в зоні його підготовки, що і було зроблено [27, 28]. Загальний аналіз отриманих результатів показав, що за цей період на профілі мали місце диференційовані за величиною і знаком вертикальні рухи амплітудами до ± 3 мм, особливо різко виражені в районі м. Берегове. Накладення цих рухів на вивчену зараз детальну тектонічну структуру земної кори цього району дозволяє прослідкувати поведінку окремих блоків кори під час підготовки і самого землетрусу і в сукупності з даними геоакустики, сейсмології, геології та геоморфології визначити його механізм.

За даними нівелювання ми бачимо (рис. 3.6.), що блок Берегівської депресії зазнав після землетрусу просідання величиною до 2 мм, а блок Берегівського горсту - підняття до 2 мм. Причому це останнє тільки в крайніх периферійних південних частинах блоку (район Бакти і Добросілля), де проходив профіль нівелювання, а сама середня частина блоку, враховуючи його субблокову структуру і проаналізований вище геомеханічний режим, піднялася, очевидно, значно більше. Цей висновок підтверджується також результатами геомеханічної і геодинамічної інтерпретації даних наших багаторічних режимних геоакустичних спостережень.

Геоакустичні дані.

Параметричні сейсмогеоакустичні дослідження на Берегівському горбогір'ї проводяться нами вже на протязі понад 20 років і за цей час було отримано дуже важливі для геодинамічних та сейсмопрогностичних досліджень взагалі і вивчення геодинаміки цього району зокрема результати [19-24].

В основі параметричних сейсмогеоакустичних методів лежить природна параметрична тензо-чутливість і нелінійна пружність гірських порід, яка виражається у відомих залежностях різних параметрів зондуючої хвилі (зокрема, швидкості її поширення в породах) від діючого в цих породах тиску. Такі властивості гірських порід спричиняють до того, що при зондуванні ділянки масиву порід пружною хвиллю параметри цієї хвилі (зокрема, швидкість її поширення в породах, а отже і фаза) змінюються відповідно до змін напруженно-деформованого стану зондованої ділянки масиву. Так при збільшенні гірського тиску швидкості пружних хвиль в породах зростають (фаза зменшується) і навпаки. Розроб-

лені нами високочутливі методики неперервних параметричних сейсмогеоакустичних досліджень та відповідна високоточна апаратура дозволили детально вивчити спектрально-часову структуру геоакустичних варіацій, а отже і відповідних змін напруженно-деформованого стану контролюваних масивів порід, включаючи тектонічні, припливні, крилові та інші складові [19, 22, 23].

На основі вивченої фізики нелінійно-параметричних процесів, результатів спектрального аналізу геоакустичних даних, зокрема, в діапазоні припливних хвиль і результатів петрофізичних досліджень гірських порід було розроблено методику геомеханічної інтерпретації отриманих параметричних сейсмогеоакустичних даних і проведено геомеханічну інтерпретацію провісникових аномалій, зокрема тих, які було зареєстровано під час багаторічних режимних спостережень в штолні № 23 (№4), розміщений в підніжжі південного схилу вершинного купола гори Мужієвської [19-23]. Результати цих досліджень свідчать про велику активність геодинамічних процесів в зоні контролю і їх зв'язок з загальною геодинамікою та сейсмотектонічним режимом цілого Закарпаття.

Щоб зрозуміти причину цього, розглянемо детальніше геолого-структурну позицію пункту геоакустичних спостережень в штолні №23 (№4). Як видно з наведених геологічних даних (рис 2 і 3), та історії створення штолні, цей пункт знаходиться в зоні одного з активних в геологотектонічному відношенні розломних вузлів, а саме в зоні сходження діагонального розлому (який перетинає структуру гори з південного заходу на північний схід і проходить в районі вершини гори) та підковоподібного розлому, який формує південний схил вершинного купола і другим крилом примикає до радіального розлому південно-східного напрямку загальної радіально-кільцевої купольної системи в структурі гори. Це якраз одна з тих розломних структур, які розташовані в зоні температурної аномалії і по яких відбувався винос золотовмісних флюїдів з глибин та формування рудних тіл Мужієвського родовища. Оскільки розлом виходить на поверхню в районі кам'яного осипу південного схилу вершинного купола гори Берегівської, то золото знаходили а також спеціально добували (починаючи з XII ст.) серед уламків біля підніжжя схилу, якраз там, де знаходиться вхід до штолни. В XVII столітті турки провели штолню, щоб дістатися до глибших горизонтів рудного тіла. Саме в зоні ніші, де потім нами були встановлені

geoакустичні зонди, ш tol'nya перетинає зону розлому, і тут, очевидно, було вийнято золотовмісні породи, як по горизонталі (від чого утворилася ніша), так і по вертикалі в напрямку штока (від чого утворився колодязь), тобто в напрямках залягання рудного тіла. А, оскільки це місце виявилось зручним для розміщення зондів, бо достатньо, але не занадто віддалене від поверхні і від входу, а отже, забезпечуються стабільні температурні умови і вологість, то воно і було вибране нами для встановлення зондів. Таким чином, зона geoакустичного контролю попала прямо на такий геодинамічно активний розлом, який пов'язаний з теплою аномалією глибинного походження і з глибинним сейсмотектонічним процесом [19]. Як показано вище на підставі аналізу геолого-геоморфологічних даних, в період активізації місцевого сейсмотектонічного процесу на таких структурах мають місце розтягуючі напруження як по вертикалі (в напрямку geoакустичного зондування), так і по горизонталі.

Саме це і показала геодинамічна інтерпретація geoакустичних даних. Результати такої інтерпретації (проведеної шляхом перерахунку величин аномальних змін фази (таких, як на рис.4.) в зміні швидкості пружних хвиль і далі (за даними петрофізичних досліджень відповідних порід) - в зміні вертикальної складової гірського тиску) свідчать, що в періоди активізації сейсмотектонічного процесу в Закарпатті в зоні geoакустичного контролю має місце значне розвантаження масиву порід в вертикальному напрямі (аж до розтягу) [19, 22, 23]. Вивчення причин цього явища показало, що основну роль тут відіграють диференційовані вертикальні рухи окремих блоків фундаменту і навіть масивів порід, зокрема, значно активніший підйом структури вершинного купола гори Мужієвської, порівняно з периферійними структурами південного і західного схилів гори. Цей процес і спричиняє появу інтенсивних розтягуючих напружень в зоні контролюваного geoакустикою розлому. Процес цей яскраво виражений геоморфологічно в структурі денної поверхні (вершинний купол більш як на 60 м. перевищує саму гору і різко виділяється на її фоні, окреслений своїми значно крутишими боковими схилами, особливо південним). Він, безсумнівно, генетично пов'язаний з наявною тут температурною аномалією і спричинений в першу чергу термопружними деформаціями (розширенням порід), має глибинне походження і значну (мільйони років) часову тривалість (враховуючи

що інтенсивніше підняття в структурі фундаменту під горбогір'ям). Свою роль в геодинаміці цього району відіграє і загальний стиск в антикарпатському напрямі, який діє в земній корі Закарпаття. Цей стиск, очевидно, є однією з першопричин (поряд з глибинними температурними і реологічними неоднорідностями та відповідними термопружними деформаціями і пластичними "потоками"), які лежать в основі глибинного генезису Берегівської мультикупольної горстової структури, він також вносить свій вклад в поле напружень і деформацій верхніх шарів кори цієї структури (осадового чохла і "гранітного" фундаменту), в тому числі і в появу розтягуючих зусиль в приповерхневих масивах порід (за рахунок трансформації глибинного стиску на виступах рельєфу [31]).

Співставимо тепер результати наведеного аналізу геодинаміки району Берегівського горбогір'я з сейсмологічними даними про Берегівський землетрус 1965 р.

Сейсмологічні дані.

24 жовтня 1965 р. на Закарпатті в районі м. Берегове відбувся землетрус інтенсивністю 6 балів [27, 28]. Визначений за інструментальними даними його епіцентр знаходився прямо під центральною частиною м. Берегове (рис. 3) і практично співпадав з епіцентром, визначенням за макросейсмічними даними. Отже, цей землетрус, поза всяким сумнівом, приурочений до зони Берегівського меридіонального розлому, що дозволяє обґрунтовано (виходячи з розшифрованої вище за геолого-геоморфологічними і геофізичними (зокрема, geoакустичними і деформометричними) даними кінематики цього розлому та сучасних геодинамічних процесів у даних геологічних структурах, а також за визначеннями з даних повторного нівелювання безпосередньо до і після землетрусу вертикальними рухами відповідних блоків земної кори) передбачати його скидний характер.

Хоча наявних у нас інструментальних сейсмологічних даних недостатньо, щоб визначити механізм цього землетрусу відомими методами, все ж проведено тоді детально, прискіпливо і дуже акуратно задокументоване макросейсмічне обстеження зони землетрусу дає нам інформацію, яка підтверджує наші висновки щодо скидового механізму даного землетрусу.

Так, скидний механізм Берегівського землетрусу відображені наступним чином в макросейсмічному полі [27]. Область максимальних 6-балльних струсів займає територію всього

блоку Берегівської депресії, який зазнав просідання і зсуву під час землетрусу, а також північно-західне крило блоку горстогір'я, яке зазнало підняття і випрямлення. Причому найбільші інтенсивності (6^+) відзначені якраз вздовж Берегівського меридіонального розлому, що розділяє блок горстогір'я і блок депресії (а саме на південно-східній окраїні Іванівки (на північ від Чопівки), північно-східній (Чопівка), східні і південно-східній окраїнах Берегове).

Підтвердженням такого механізму є також азимут поляризації сейсмічних хвиль в зоні епіцентрту. Про це свідчать наступні дані макросейсмічних спостережень - зафіксовані на південно-західній окраїні м. Берегове (Лужанка, район палеовулкана (рис. 3.)) на відстані 5 км на захід від розлому розхитування спостереженої вишки зі сходу на захід [27]. Отже, безсумнівно є наявність значної горизонтальної складової сейсмічних коливань зі схід-західною поляризацією, яка поширювалась в західному напрямі від розлому по нормальні до нього.

Так, як на поверхні цей скід не проявився, то очевидно, він загас в товщі кори, що і не дивно. враховуючи з одного боку те, що глибина гіпоцентру (за макросейсмічними даними) 5 км, а величина розриву (подвійний радіус дислокації) для землетрусів такої сили оцінюється не більш, як в 4-5 км, а з іншого те, що верхні шари порід складені каоліновими глинами, аргілітами та іншими осадовими породами, тобто породами високопластичними, які нівелюють глибину тектоніку.

З вищепередного (враховуючи зводове підняття всього району і купольне - Берегівського горбогір'я, а також виявлену за геоакустичними даними повторюваність цих процесів під час сучасних періодів активізації сейсмотектонічного режиму в Закарпатті і підготовки місцевих землетрусів, що дозволяє зробити обґрунтований висновок про їх успадкованість) можна вивести наступний сценарій і механізм Берегівського землетрусу 1965 року (схематично показаний на рис. 5.).

Сценарій і механізм Берегівських землетрусів.

Отже, внаслідок субрегіонального процесу весь район Берегівського горбогір'я зазнає купольного підняття, причому на самому горбогір'ї воно найінтенсивніше (до 1.5 мм. на рік і більше) а на периферійних блоках - значно менше (0,7-0,9 мм. на рік). Спочатку ця різниця є невеликою і в деформаціях нівелюється за рахунок

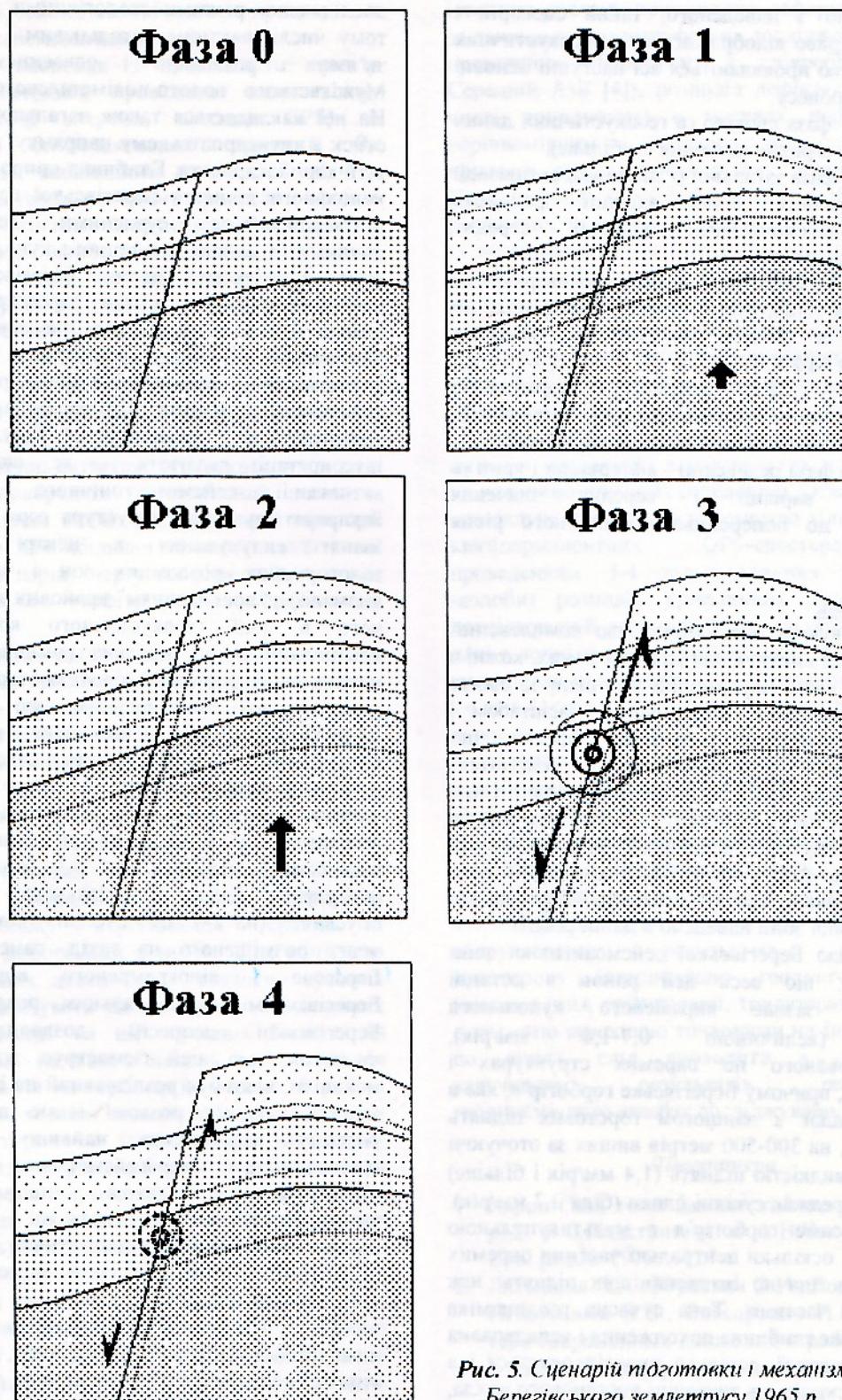
пружних властивостей масивів порід, але при цьому з'являються тектонічні напруження (Фаза 0). Оскільки масиви порід мають складну ієархічну кусково-неоднорідну просторову структуру, процес змін напруженно-деформованого стану цих масивів також має часово-просторові флюктуації, що і відображається у флюктуаціях геоакустичних параметрів (рис. 4).

При дальнішому розвитку процесу різниця в величині підйому між блоком Берегівського горсту та сусіднimi блоками зростає і відповідні напруження концентруються навколо цього блоку, особливо на розломах (Фаза 1). Це відображається в геоакустичних даних зростанням середнього рівня зсуву фази і амплітуд її флюктуацій, причому спектр цих флюктуацій стає все більш високочастотним.

Надалі різниця у величині підйому між сусіднimi блоками стає чимраз більшою і напруження на розломах зростають (Фаза 2). Частково вони розряджаються крипом і перерозподіляються в часі і в просторі. В геоакустичних параметрах ця фаза процесу супроводжується різким зростанням середнього рівня значень фази (на 20-30%) і зростанням амплітуд часових флюктуацій цих значень в десятки і сотні разів.

Коли напруження на одному з розломів (в даному випадку - на Берегівському меридіональному) досягають критичної величини, відбувається землетрус, механізм якого є скідовим (Фаза 3). При цьому горстовий блок, який за рахунок привантаження сусіднimi блоками відносно відставав від рівноважного стану, вивільняється і зміщується вверх та частково вбік від лінії розриву, а сусідній блок (в даному випадку блок Берегівської депресії), який раніше відносно рівноважного стану був дещо піднятій, тепер опускається і також частково зміщується по горизонталі від розриву. Оскільки під час цієї фази, тобто при формуванні вогнищової зони майбутнього землетрусу основні напруження концентруються в цій області, то в зоні геоакустичного контролю вони частково знижуються, в геоакустичних параметрах цьому відповідає певне зниження середнього рівня значень фази і амплітуд її флюктуацій.

Решта напружень, особливо по сусіднiх розломах і блоках, релаксує крипом і афтершоками (Фаза 4), і структури кори (а також геоакустичні параметри) повертаються до стану, близькоаналогічного до стану попередньої Фази 0 (Фаза 0').



*Рис. 5. Сценарій підготовки і механізм
Берегівського землетрусу 1965 р.*

Як видно з наведеного, такий сценарій і механізм яскраво відображається в геоакустичних даних, де чітко проявляються всі наступні основні фази цього процесу.

Фаза 0 - фаза спокою (в геоакустичних даних варіації малі, середнє значення стабільне).

Фаза 1 - фаза загальної (глибинної) активізації (в геоакустичних даних варіації зростають особливо високочастотні крилові, середнє значення дещо росте).

Фаза 2 - фаза локальної (приповерхневої) активізації (в геоакустичні - варіації зростають до максимуму, в 20-200 раз, середнє значення збільшується на 20-30%).

Фаза 3 - фаза розриву - формування вогнищевої зони і землетрус (в геоакустичні варіації і середнє значення дещо знижуються).

Фаза 4 - фаза релаксації - афтершоки і крил (в геоакустичні варіації і середнє значення знижуються до попереднього спокійного рівня Фази 0).

Висновки.

Підсумовуючи, відзначимо, що комплексний аналіз всіх без виключення наявних даних, кожні з яких несуть свою інформацію про різні за своєю фізичною природою, просторовим масштабом і часовою тривалістю геофізичні ефекти, що супроводжують геодинамічний і сейсмотектонічний процес на досліджуваній території, і про різні сторони цього процесу, дозволяє відтворити цілісну картину такого процесу, починаючи від його причин, далі - його хід, і нарешті - його наслідки. Такий аналіз стосовно Берегівської сейсмоактивної зони наведено в даній роботі.

Так, щодо Берегівської сейсмоактивної зони встановлено, що весь цей район в останні десятиліття зазнає вираженого купольного підняття (величиною 0,7-1,4 мм/рік), диференційованого по окремих структурах і блоках кори, причому Берегівське горбогір'я, яке в плані співпадає з ланцюгом горстових підняття фундаменту, на 300-500 метрів вищих за оточуючі блоки, за швидкістю підняття (1,4 мм/рік і більше) значно випереджає сусідні блоки (біля 0,7 мм/рік). Крім того саме горбогір'я є мультикупольною структурою, оскільки центральні частини окремих гір зазнають значно інтенсивніших підняттів, ніж периферійні частини. Така сучасна геодинаміка горбогір'я має глибинне походження і успадкована ще від неогенової, оскільки прослідковується і в морфології схилів, і в тектоніці неогенового чохла, і в структурі донеогенового фундаменту, детально

досліджених різними геологічними методами (в тому числі шахтним, штолневим і бурінням) в зв'язку з розвідкою і освоєнням Берегово-Мужієвського золото-поліметалевого родовища. На ней накладається також загальнорегіональний стиск в антикарпатському напрямку, притаманний всій корі Закарпаття. Глибинна природа і механізм купольного підняття Берегівської горстової зони підтверджуються сучасними геотермічними даними (в районі вершинного купола найвищої гори - Мужієвської (Великої Берегівської) вже на глибинах 100-150 метрів зареєстрована різка (понад 30°C) температурна аномалія), а також неодноразово зареєстрованими нами та геомеханічно і геодинамічно проінтерпретованими сейсмогеоакустичними провісниками місцевих закарпатських землетрусів. Результати цієї інтерпретації вказують на те, що в періоди активізації сейсмотектонічного процесу в Закарпатті купольна структура гори Мужієвської зазнає випучування в центрі (в районі золоторудних розломних зон і температурної аномалії) з "провисанням" крайових зон, внаслідок чого в зоні геоакустичного контролю (де контролюється вертикальна компонента тензора напружень-деформацій) проявляються розтягуючі зусилля, які компенсиують що складову (спричинену вагою налягаючого стовпа порід). Співставлення цих результатів з сейсмологічними даними по Берегівському землетрусу 1965 року і з даними повторних нівелювань до і після цього землетрусу (О.Г.Юркевич та інші), де було зафіксовано підняття на 2-3 міліметри після землетрусу блоку Берегівського горбогір'я і опускання (на 2-4 мм.) сусідніх блоків (в першу чергу розміщеного на захід, саме під містом Берегове і відокремленого від горбогір'я Берегівським меридіональним розломом блоку Берегівської депресії) дозволило зробити висновок, що цей землетрус мав скидний механізм, який був реалізований на Берегівському меридіональному розломі (саме вздовж цього розлому зафіксовано найвищу (6° балів) інтенсивність макросейсмічного поля), що підтверджується також іншими даними макросейсмічних спостережень. Враховуючи параметричні сейсмогеоакустичні дані, було відтворено повний сценарій підготовки цього землетрусу.

Отже, в кінцевому підсумку, за результатами комплексного аналізу геологічних, геоморфологічних, геодезичних, геофізичних та сейсмологічних даних відтворено цілісну картину геодина-

мічного і сейсмотектонічного процесу в Берегівській сейсмоактивній зоні.

Наступні висновки з проведеного аналізу стосуються методики проведення комплексних спостережень (і зокрема, методом GPS) за геодинамікою сейсмоактивних територій. Як показано вище, набільшими величинами різних, пов'язаних з геодинамічними процесами ефектів (наприклад, змінами напруженого-деформованого стану масивів порід, величинами сучасних вертикальних рухів та ін.) характеризуються геоактивні структури і навіть окрім ділянки цих структур (геоактивні точки). Власне такі структури і такі точки слід вибирати для розміщення пунктів режимних геодинамічних спостережень з метою забезпечення якнайбільшої ефективності цих спостережень. Для виявлення цих геодинамічно активних структур і точок слід проводити попередній комплексний геолого-геоморфологічний аналіз досліджуваної території з застосуванням якнайбільшої кількості додаткової інформації (в першу чергу геофізичної), а також реконгломерувальні геофізичні і геоморфологічні дослідження.

Так, наприклад, для якнайповнішого геодинамічного моніторингу процесів в районі Берегівського горбогір'я доцільно організувати 3 пункти спостережень на самому горбогір'ї - в центрі і на крилах (район вершини гори Мужієвської, гора Ардово, гора біля р. Боржави), передбачивши там, зокрема, проведення періодичних GPS-спостережень і режимних сейсмогеоакустичних та нахиломірних, що забезпечить контроль за змінами просторової орієнтації блоку Берегівських горстів та напружені деформацій в ньому. Для контролю змін положення цього блоку відносно сусідніх потрібно організувати також пункти періодичних GPS-слостережень на цих сусідніх блоках, на відстані 3-5 км. на північ, південь, захід і схід від вказаних пунктів на горбогір'ї, зокрема, в районі Лужанської похованої палеовулканічної структури. GPS-спостереження доцільно проводити періодично, 3-4 рази на рік (щоб дослідити і врахувати сезонні (зокрема, термопружні) деформації) а також тоді, коли (за даними режимних геофізичних спостережень) відбувається активізація сейсмотектонічного процесу в цьому районі.

Ще один висновок стосується врахування при проведенні геодинамічного моніторингу (зокрема для корекції GPS-даних з метою забезпечення необхідної (порядку 1 мм.) точності визначення взаємних положень пунктів спостережень)

істинних значень припливних деформацій. Адже, за даними деформографічних досліджень (зокрема, проведених Латиніною з співробітниками в Середній Азії [4]), розподіл деформацій (в тому числі припливних) в масивах порід є дуже нерівномірним і залежить від співвідношень пружних характеристик різних ділянок масивів. Концентрація цих деформацій відбувається в розломних та інших механічно ослаблених зонах (з перевищенням до 5-20 разів відносно середніх величин деформацій). А як випливає з даних наших параметричних сейсмогеоакустичних досліджень, припливні складові напружені деформацій можуть значно змінюватись і в часі (рис. 4.). особливо під час періодів активізації місцевого сейсмотектонічного процесу, що спричиняється, очевидно, відповідними часовими змінами механічних характеристик масивів порід, як нелінійно-пружних середовищ. Отже, необхідно спеціально вивчити за допомогою кількотижневих квазіперманентних GPS-спостережень (з проведенням 3-4 кількагодинних GPS-сеансів щодоби) розподіл припливних деформацій на досліджуваній території і надалі враховувати ці дані в доповнення до розрахованих по теоретичній просторово-однорідній і стаціонарній в часі моделі. Це стало зараз технічно доступним завдяки відкритому доступу до спеціальних кодових послідовностей GPS-сигналу і багатократному (з кількох діб до 6 год.) зменшенню внаслідок цього необхідної для забезпечення найвищої точності тривалості сеансів GPS-спостережень.

Нарешті останній висновок, який нами зроблено, виходячи з наведеного комплексного аналізу різних даних, це те, що для отримання обґрунтovаних результатів інтерпретації просторову інтерполяцію геодезичних даних (нівелювання, тріангуляції, трилатерації, GPS), які є за своєю природою точковими чи інтегрованими по лініях, слід проводити з обов'язковим застосуванням результатів геоморфолого-геодинамічного аналізу досліджуваної території.

Література

1. Карпатский геодинамический полигон. // Под ред. Я.С.Подстрігача и А.В.Чекунова - М. Сов. радіо, 1978. - 127 с.
2. Латынина Л.А., Юркевич О.И., Вербицкий Т.З., Игнатышын В.В., Бойсарович И.М. О характере современных движений в районе Берегово по данным деформационных наблюдений. - В кн.: І-ша Українська наукова конференція

- "Комплексні дослідження сучасної геодинаміки земної кори". Львів, 1993, с36.
3. Т.Вербицький, В.Ігнатішин, Л.Латиніна, О.Юркевич. Сучасні деформації земної кори Берегівської горстової зони. - Геодинаміка, 1998, №1, с. 118-120.
 4. Л.А.Латиніна, Н.А.Жаринов, М.В.Крамер, И.В.Савін, И.А.Широков. Методические рекомендации по исследованию деформационных предвестников землетрясений. - Москва, ИФЗ АН СССР, 1988, 81 с.
 5. Royden L.H. Late cenozoic tectonics of the Pannonian basin system. - Amer. Ass. of Petr. Geol. Memoir. V. 45, p. 27-47.
 6. Колодій О.М., Матковський О.І., Зайцева В.М., Гожик М.Ф., Драчук В.П., Ліськевич Я.Б., Поморцева Т.П. Структура Берегівського рудного поля і прогноз нових рудовмісних зон за геоіндикацією аерокосмознімків і комплексом наявних геологічних даних. - Вісник. Львів. ун-ту. Сер. геол. 1994, вип. 12, с. 177-185.
 7. Матковський О.І. Родовища та рудопрояви золота Українських Карпат. - Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. 1992, вип. 11, с. 96-120.
 8. Гончарук А.Ф., Степанов В.А., Веремеенко Л.І., Кулібаба В.М., Шемякіна Т.І.. Рудоконцентруючі структури й етапи вулкано-тектонічного розвитку Берегово-Беганської золотоносної зони Закарпаття. - Вісник. Львів. ун-ту. Сер. геол. 1994, вип. 12, с. 168-177.
 9. Скакун Л.З., Матковський О.І., Гожик М.Ф., Ремешило Б.Г., Шклянка В.М. Золоте зруденіння Берегівського рудного поля (геолого-структурна позиція і мінералогічна типізація). - Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. 1992, вип. 11, с. 128-145.
 10. Григорчук Г.Ю. Геолого-структурна позиція золотого і поліметалевого зруденіння – кригерій глибинного прогнозу руд. - Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. 1992, вип. 11, с. 153-159.
 11. Ковалишин З.И., Братусь М.Д. Флюїдний режим гидротермальних процесів Закарпаття. - К.: Наук. думка, 1984, 86 с.
 12. Малеев Е.Ф. Неогеновый вулканізм Закарпаття. - М.: Наука, 1964. - 251 с.
 13. Мерлич Б.В., Спітковская С.М. Глубинные разломы, неогеновый магматизм и оруденение Закарпатья. - В кн.: Проблемы тектоники и магматизма глубинных разломов. Львов, 1974. с. 173-180.
 14. Демедюк М.С. Морфоструктури і морфоскульптури території Карпатського геодинамічного полігону. - В кн.: "Геодинаміка гірських систем Європи". Міжнародний симпозіум (тези доповідей). Львів. 1994, с. 17
 15. Сомов В.И. Современные движения земной коры Карпат и сопредельных стран. - Геотектоника. 1974, №6.
 16. М.Демедюк, Ф.Заблоцький, В.Колгунов, А.Островський, І.Сідоров, К.Третяк. Результати досліджень горизонтальних деформацій земної кори на Карпатському геодинамічному полігону. - Геодинаміка. 1998, № 1, с. 3-13.
 17. Сомов В.И. Геодинамические особенности земной коры Восточной Европы на примере геотраверса V. - В кн.: Развисие сейсмопрогностических исследований на Украине. К.: Наук. думка. 1984, с. 57-67.
 18. Сомов В.И., Бондарь А.Л., Гулкевич В.Л Особенности современного тектонического развития горных систем Крыма и Карпато-Динарского региона. - В кн.: "Геодинаміка гірських систем Європи". Міжнародний симпозіум (тези доповідей). Львів. 1994, с. 8.
 19. Назаревич А.В. Експериментальне дослідження спектрально-часової структури варіацій параметрів пружних хвиль в масивах гірських порід. Київ: ІГФ, автореф. дис... кандидата фіз - мат. наук. 1997, 24 с.
 20. Вербицький Т.З., Кузнецова В.Г., Шамотко В.И., Максимчук В.Е., Бойко Б.Д., Струк Є.С., Чигинь А.И., Назаревич А.В. Результаты сейсмопрогностических исследований на территории Закарпатья. - В кн.: Прогноз землетрясений. Душанбе: Дошиш. 1988, № 10 с. 112-118.
 21. Вербицький Т.З., Бойко Б.Д. Геоакустический предвестник закарпатских землетрясений 5 октября 1983 г. - Изв. АН СССР. Физ. Земли, 1986, № 4, с. 79-82.
 22. A.V.Nazarevych, L.Ye.Nazarevych. Modern geodynamic of the earth's crust of Transcarpathians and earthquakes scenarios and mechanisms. - 21th General Assembly of the European Geophysikal Society. Abstracts. Hague, May 6-9 1996. - Annales Geophysicae, Supplement of Volume 14, 1996, p. 96.
 23. A.V.Nazarevych. Spectral-temporal structure of nonlinear-parametric effects in rocks as an indicator of a geodynamic mode. - 23th General Assembly of the European Geophysikal Society. Abstracts. Hague, May 6-10. 1998. - Annales Geophysicae, Supplement of Volume 16, 1998, p. 96.

24. Чекунов А.В. Эволюция астенолитов и ее геологические следствия. - Докл. АН УССР. Сер Б. 1988, № 3, с. 30-34.
25. Шевчук В.В., Кузь І.С., Ліхачов В.В. Особливості інверсійних корових полів напружень різної природи за даними математичного моделювання. - Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. 1999, вип. 13, с. 25-30.
26. Василенко Е.М., Іващук А.И., Бокун А.Н., Костюк О.П., Сомов В.И., Скаржевский В.В. Береговское землетрясение 24 октября 1965 г. и его последствия. - В кн. "Сейсмичность Украины". Киев: Наук. думка, 1969, с. 91-102.
27. Юркевич О.И., Волосецкий Б.И., Зяблук Н.С. Повторное нивелирование Береговского землетрясения 24 октября 1965 г. - В кн. "Сейсмичность Украины" Киев: Наук. думка, 1969, с. 103-106.
28. Хоменко В.І. Глибинна будова Закарпатського прогину. - К.: Наук. думка. 1978. - 230 с.
29. Тектоническая карта Украинских Карпат. // Под ред. В.В.Глушко и С.С.Круглова. - К.: 1986.
30. Козырев А.А., Савченко С.Н. Оценка влияния рельефа на изменчивость напряженного состояния массива горных пород. - В кн.: Диагностика напряженного состояния и свойств горных пород в массиве. Сб. науч. тр. - Новосибирск, Изд. ИГД СО АН СССР, 1980, с. 69-74.

GEODYNAMICS AND PECULIARITY OF SEISMOTECTONIC PROCESSES OF BEREGOVO GORST ZONE (TRANSCARPATHIANS)

Nazarevych A.V. and Nazarevych L.Ye.

Sunmary

Complete picture of geodynamic and seismotectonic processes in Beregovo seismoactive zone of Transcarpathians was reproduced on the basis of results of complex analysis of geological, geomorphological, geodetic, geophysical and seismological data.

ГЕОДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА БЕРЕГОВСКОЙ ГОРСТОВОЙ ЗОНЫ (ЗАКАРПАТЬЕ)

Назаревич А.В., Назаревич Л.Є.

Резюме

По результатам комплексного анализа геологических, геоморфологических, геодезических, геофизических и сейсмологических данных воссоздана целостная картина геодинамического и сейсмотектонического процесса в Береговской сейсмоактивной зоне Закарпатья.