

## ŠTÚDIE

JOZEF KVIŤKOVIČ, JÁN VANKO\*

**RECENTNÉ VERTIKÁLNE POHYBY ZÁPADNÝCH KARPÁT PRE EPOCHU  
1951—1976**

Jozef Kvitkovič, Ján Vanko: Recent Vertical Movements in the West Carpathians for Period 1951—1976. Geogr. Čas., 42, 1990, 4; 1 fig., 3 maps, 29 refs.

A comparison between the map of recent vertical movements in the West Carpathians for Period 1951—1976 and the neotectonic blocks as well as the earthquake epicentres. From the comparison it resulted that both the Danubian and Tisa blocks display the most intensive differentiated movements up to  $-4.0$  mm per year. The positive morphostructures are marked for uplifts up to  $+1.0$  mm per year, where some of them display oscillating movements.

## ÚVOD

Výsledky opakovaných nivelácií I. rádu na území bývalých socialistických štátov (medzinárodný program opakovaných nivelácií) okrem spresnenia baltského výškového systému — po vyrovnaní nám umožňujú zostaviť novú mapu recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát (na území Slovenska) pre epochu 1951—1976 z výsledkov separátneho vyrovnania Slovenska a spresniť údaje o pohybovej aktivite územia Slovenskej republiky.

*Geodetický základ mapy*

Geodetický základ tvorí Česko-slovenská jednotná nivelačná sieť (ČSJSNS — 2. československá nivelácia) a sieť 2. česko-slovenskej opakovanej nivelácie (obr. 1). Táto sieť sa skladá zo 7 uzavretých nivelačných polygónov (z toho 2 spoločne s Českou republikou) a 12 voľných polygónových strán. Časové intervaly  $\Delta t$  sa pohybujú od 16 do 27 rokov. Celková dĺžka polygónových strán je 2350 km a celkový počet nivelačných bodov použitých na zostavenie mapy je

\* Doc. RNDr. J. Kvitkovič, DrSc., Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, Ing. J. Vanko, Výskumný ústav geodézie a kartografie, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava.

479. Priemerná vzdialenosť medzi vybranými nivelačnými bodmi je 4,9 km. Pre 1. niveláciu (ČSJNS) je stred epochy s prihliadnutím na dĺžku ťahov zmeraných v jednotlivých rokoch vztiahnutý na rok 1951,4 pre 2. niveláciu (sieť 2. česko-slovenskej opakovanej nivelácie) na rok 1975,5. Stredný časový interval je 24 (24,1) rokov. Hustota vybraných nivelačných bodov je v celej sieti rovnaká.

Na území SR je 11 základných nivelačných bodov (ZNB). Do opísanej siete boli zahrnuté všetky. Z ostatných nivelačných bodov boli vyberané predovšetkým body stabilizované na skalách a na starých dobre konsolidovaných budovách, ako sú kostoly, rôzne verejné budovy a rodinné domy. Pri výbere nivelačných bodov sa prihliadalo na geologické a geomorfologické zvláštnosti územia a na inžiniersko-geologickú situáciu.

### *Matematické spracovanie výsledkov opakovaných nivelácií a zostavenie mapy*

Vyrovnanie ročných zmien prevýšení

$$v_{ij} = \frac{2^{h_{ij}} - 1^{h_{ij}}}{\Delta t} = \frac{\Delta h_{ij}}{\Delta t}, \quad (1)$$

kde  $v_{ij}$  značí ročnú zmenu prevýšenia medzi bodmi  $P_i$  a  $P_j$  za obdobie  $\Delta t = t_2 - t_1$ ,

- $1^{h_{ij}}$  prevýšenie z prvého nivelačného merania v čase  $t_1$ ,
- $2^{h_{ij}}$  prevýšenie z druhého nivelačného merania v čase  $t_2$ ,
- $\Delta h_{ij}$  zmenu prevýšenia medzi bodmi  $P_i$  a  $P_j$  za obdobie  $\Delta t$ ,

sme vykonali metódou najmenších štvorcov na počítači EC 1033. Váhy  $p_i$  sme určili ako recipročné hodnoty vzdialenosti  $L_i$  v km medzi uzlovými bodmi, t. j.

$$p_i = \frac{1}{L_i}. \quad (2)$$

Z vyrovnaných hodnôt  $v_{ij}$ , známym postupom, t. j. postupným sčítaním od ZNB Pitelová, boli určené relatívne ročné rýchlosti pohybov všetkých bodov siete.

ZNB Pitelová, (pri Žiari nad Hronom), stabilizovaný v extruzívnej brekcii, tvorenej úlomkami andezitov a ryolitov, bol zvolený za referenčný (východiskový) preto, že je umiestnený na pevnej skale, kde vplyv netektonických procesov na pohyb bodu je nepravdepodobný. Dôležitú úlohu tu zohralo aj regionálne hľadisko, pretože leží približne v strede Slovenska a centrická poloha východiskového bodu je výhodná na odhad stredných kilometrových chýb (neistoty) v určení rýchlosti pohybov jednotlivých bodov. O referenčnom bode predpokladáme, že v epoche 1951,4 až 1975,5 sa jeho poloha nezmenila ( $V_0 = 0$ ).

Súbor údajov ročných rýchlostí pohybov všetkých vybraných nivelačných bodov bol podkladom na vyhotovenie variantu mapy recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát pre epochu 1951—1976, v mierke 1:1 000 000 (mapa 1). Relatívne ročné rýchlosti pohybov vztiahnuté na referenčný bod Pitelová, sú znázornené izočiarami s intervalom 0,5 mm/rok. Na ľahšiu orientáciu sú v mape zakreslené význačnejšie mestá.



Obr. 1. Sieť opakovaných nivelácií.

Odhady stredných chýb pre pohyby uzlových bodov, vzhľadom na referenčný bod Piteľová, sme vypočítali na počítači EC 1033. Pomocou charakteristík presnosti sme vyhotovili mapu 2 — Odhad presnosti ročných rýchlostí recentných vertikálnych pohybov pre epochu 1951—1976 v mierke 1:4 000 000, ktorá je umiestnená v pravom dolnom rohu na mape 1. Na mape sú izočariary spájajúce miesta s rovnakou presnosťou určených pohybov s krokom 0,1 mm/rok. Z mapy vidieť, že charakteristiky presnosti kolíšu od 0,0 do 0,9 mm/rok.

### *Geodetická interpretácia mapy*

Z mapy sú zrejme dve izočariary nulového pohybu:

— jedna idúca od republikovej hranice (v oblasti Javorníkov) cez Žilinu, západne od Martina, ďalej cez Handlovú, Žiar nad Hronom, Modrý Kameň, Veľký Krtíš k štátnej hranici s MR,

— druhá idúca od štátnej hranice s PL (v oblasti západnej časti Nízkych Beskyd) cez Bardejov, Hanušovce nad Topľou, Soľ, Kysak, Margecany, Mníšek nad Hnilcom, Nižnú Slanú, Jablonov nad Turnou k štátnej hranici s MR, delia celé územie Slovenska z hľadiska pohybov na tri časti, a to západnú, strednú a východnú.

Západná časť má klesajúcu tendenciu od 0,0 až  $-4,0$  mm/rok. Najintenzívnejšie poklesy sú uprostred Záhorskej nížiny v oblasti Malaciek ( $-4,1$  mm/rok) a na úpätí Považského Inovca v Ratnovciach ( $-2,2$  mm/rok).

Stredná časť Slovenska sa vyznačuje zdvíhajúcou tendenciou od 0,0 až  $+1,0$  mm/rok. Maximum zdvíhov je v Liptovskej kotline v Hybiach ( $+0,9$  mm/rok), potom v Eubotíne ( $+0,7$  mm/rok) a v Lučenskej kotline v okolí Pincinej ( $+0,9$  mm/rok). Stabilitou sa vyznačuje oblasť Slovenského rudohoria, čo potvrdzuje skôr publikované výsledky [11, 12, 14, 24].

Východná časť Slovenska má vcelku klesajúcu tendenciu od 0,0 do  $-1,5$  mm/rok. Najintenzívnejšie poklesy sú na Východoslovenskej nížine v oblasti Bodrogu ( $-1,0$  mm/rok), Slovenského Nového Mesta ( $-1,1$  mm/rok) a Hriadok ( $-1,2$  mm/rok).

Pohyby zdvihového charakteru dobre zvyrazňujú oblúk čela Karpát a potvrdzujú, že stúpa oproti severným okrajom Záhorskej, Podunajskej a Východoslovenskej nížiny.

Z mapy recentných vertikálnych pohybov vyplýva, že horská oblasť Karpát pri styku s prikarpatskou depresiou, najmä na východnom Slovensku už výrazne prechádza v záporné pohyby (poklesy). V tejto oblasti prebieha systém zlomových porúch vyššieho rádu SZ—JV smeru, ktorý v priebehu neotektonického obdobia oddeľoval akumuláčnú oblasť Košickej kotliny a Východoslovenskej nížiny od horskej oblasti Karpát. Je to zároveň aj dôležitá seizmotektonická línia východného Slovenska [12].

### *Recentné vertikálne pohyby vo vzťahu k neotektonickým blokom a morfoštruktúram*

Západné Karpaty sú významným členom alpsko-himalájskeho orogenetického systému. Formovanie dnešných blokov a morfoštruktúr spadá do neotektonic-

kého obdobia, o ktorom sa domnievame, že v Západných Karpatoch sa začína vrchným badénom a trvá až po recent, teda približne 14,5 mil. rokov. Za uvedené obdobie vznikla dnešná horská sústava Západných Karpát. Z morfológického hľadiska predstavuje dosť heterogénne územie. Striedajú sa tu tri základné makroformy reliéfu ako nížiny, stredné a vysoké pohoria, ktoré sú od seba oddelené vnútrohorskými kotlinami. Diferencované pohyby príslušných morfoštruktúr zosilnené v kvartéri nachádzajú odraz v ich relatívnej výškovej členitosti, horizontálnej členitosti, a tým aj v uhle sklonu územia. Na základe geologických a geofyzikálnych údajov boli O. Fusánom a kol. [3], J. Ibrmajerom, J. Plančárom a O. Fusánom [7] stanovené základné neotektonické bloky Západných Karpát, ktoré sú predovšetkým odrazom procesov v kôre a vrchnom plášti (pozri mapa 3). Uvedení autori vyčlenili 8 základných blokov, ktoré sú ohraničené hlbinnými zlomami, z ktorých viaceré sú zároveň významnými seizmoaktívnymi zónami. Podobnú genézu majú aj rôzne typy morfoštruktúr, ktoré povrchovou tvárnosťou dokresľujú tak endogénne, ako aj exogénne procesy v rámci príslušných blokov. E. Mazúrom [21] boli vymedzené príslušné typy morfoštruktúr, ktorých morfológická individualizácia je priamym odrazom aktívnej tektoniky. Vyčlenil 6 základných morfoštruktúrnych oblastí a v rámci ich podoblastí, diferencované podľa druhov tektonickej mobility (pozitívne, prechodné, negatívne morfoštruktúry).

Na účely tohto príspevku je dostačujúce zohľadniť vzťah súčasných pohybov zemského povrchu k základným blokom Západných Karpát, keďže nivelačná sieť na Slovensku až na malé výnimky neprechádza naprieč pozitívnymi morfoštruktúrami, ale obchádza ich [11]. Smeruje údoliami a kotlinami pozdĺž ciest. Neposkytuje úplné údaje pre interpretácie geodynamiky jednotlivých morfoštruktúr, najmä v horských oblastiach. Vystihuje však pohybové tendencie základných blokov.

Z mapy recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát pre epochu 1951—1976 [mapa 1] vyplýva, že poklesmi sa prejavuje najmä juhozápadná a juhovýchodná oblasť Slovenska, kým stredné a severné Slovensko sa prejavuje zdvihmi. Toto regionálne členenie dobre koreluje s priebehom Moho-diskontinuity a rozložením regionálneho tiažového poľa [13].

Poklesové oblasti (0,0 až  $-4,0$  mm/rok) sa prejavujú výraznými kladnými tiažovými anomáliami s menšími hrúbkami kôry (24—36 km). Zdvihové regióny stredného a severného Slovenska (0,0 až  $+0,5$  mm/rok a viac) intenzívnymi zápornými anomáliami a väčšími hrúbkami kôry (ca 36—45 km) [7]. Lepšia korelácia sa prejavuje medzi celkovými pohybovými tendenciami a regionálnymi tiažovými anomáliami ako s hĺbkou Moho-diskontinuity [13].

Pomerne dobrá korelácia sa prejavuje aj medzi recentnými vertikálnymi pohybmi a blokmi zemskej kôry. Centrálnu oblasť poklesov juhozápadného Slovenska zaberá Podunajská a Záhorská nížina, ktoré prináležia podunajskému, rudohorsko-pilíšskemu a čiastočne aj moravsko-slovenskému bloku. Do oblasti poklesových tendencií v rámci príslušných blokov sú vtiahnuté aj pozitívne morfoštruktúry ako Malé Karpaty, Považský Inovec, Trábeč, Pohronský Inovec, západné výbežky Štiavnických vrchov a Krupinskej planiny. Prezentujú sa poklesmi 0,0 až  $-2,0$  mm/rok. Podľa doterajších výsledkov Malé Karpaty za skúmané obdobie prináležia do oblasti s poklesmi v intervale  $-0,5$  až  $-1,5$  mm/rok. Pravda, severovýchodný výbežok poklesovej oblasti, ktorú ohraničuje izočiará nulového pohybu z uvedených nížin, zasahuje až do oblasti Žiliny a zaberá

okrajové časti fatransko-tatranského a slovensko-moravského bloku. Do oblasti poklesov patria podobne ako v okrajových častiach uvedených nížin aj pozitívne morfoštruktúry najmä Slovensko-moravských Karpát, Strážovských vrchov a Malej Fatry, čo z hľadiska celkového geomorfologického vývoja nezodpovedá skutočnosti. Ide prevažne o poklesy 0,0 až  $-1,5$  mm/rok. Z hľadiska súčasnej tektonickej aktivity sa výrazne prejavuje zlomová porucha S—J smeru, prechádzajúca Turčianskou kotlinou, západným okrajom Kremnických vrchov do Žiarskej kotliny a ďalej k Dunaju. V úseku niekoľko desiatok kilometrov po dolinu Hrona tvorí rozhranie medzi odlišnými pohybovými tendenciami (mapa 1). Uvedená tektonická línia sa prejavuje aj na kozmických snímkach [17].

V oblasti východného Slovenska sa najintenzívnejšími poklesmi vyznačuje Východoslovenská nížina a priľahlá oblasť, teda v podstate potiský blok. Centrálné časti Východoslovenskej nížiny zaberá izočiara  $-1,0$  mm/rok. Rozširuje sa predovšetkým v oblasti rovinného reliéfu s výnimkou juhozápadnej časti — Zemplinských vrchov. Niekoľko málo lokalít má aj nižšie hodnoty ako napr. Hriadky  $-1,2$  mm/rok, Slovenské Nové Mesto  $-1,1$  mm/rok a iné. Poznamenávame, že izočiara nulového pohybu prechádza východnými okrajovými časťami susedného rudohorsko-pilíšskeho bloku, zaberajúc Slanské vrchy, Košickú kotlinu, ako aj morfoštruktúry Slovenského rudohoria zhruba medzi Košicami a Rožňavou. Nulová izočiara vo väčšom rozsahu zasahuje do Beskydsko-bukovského bloku, najmä v povodí Ondavy medzi Svidníkom a Bardejovom dosahuje pohraničnú oblasť. V JV smere sa jej rozsah zväčšuje do oblastí Vihorlanských vrchov a Beskydského predhoria. Vyčlenenú poklesovú oblasť 0,0 až  $-0,5$  mm/rok zaberajú morfoštruktúry rôznej genézy a typu. Do určitej miery sa tu opakuje analogická situácia, aká bola konštatovaná u príslušných okrajových blokov na západnom Slovensku.

Ostatná časť Slovenska sa vyznačuje zdvihmi malej amplitúdy 0,0 až  $+0,5$  mm/rok a zaberá predovšetkým príslušné časti rudohorsko-pilíšskeho bloku, fatransko-tatranského bloku, slovensko-sliezskeho bloku a na SV Slovensku okraje beskydsko-bukovského a krakovského bloku. Z morfológického hľadiska ide o heterogénnu oblasť, v ktorej sa striedajú kotliny, vrchoviny, hornatiny a vysoké pohoria. Sú dôvody, ktoré nás oprávňujú predpokladať, že pozitívne morfoštruktúry fatransko-tatranského bloku sa vyznačujú väčšou intenzitou pohybov, ako sú uvedené na predmetnej mape. Napríklad v tatranskej oblasti na riečnych tokoch aj v holocénnom období jednoznačne prevládajú erózne, rozmývajúce procesy, ktoré poukazujú na permanentné zdvihy Tatier. Predstavy geomorfológov potvrdil aj L. Hradílek [5], ktorý na vybraných bodoch tatranských hrebeňov nameral intenzívnejšie ročné zdvihy — Baranec 8,4 mm/rok, Prieslop 6,6 mm/rok, Ráztoka 6,6 mm/rok. Výraznejšie sa prejavuje izolína  $+0,5$  mm/rok, ktorej areál zaberá Branisko, Levočské vrchy, Tatry, Chočské vrchy, Skorušinske vrchy, Oravskú vrchovinu, ako aj príslušné časti Hornádskej a Liptovskej kotliny. Príslušné typy morfoštruktúr v tomto uzavretom areáli s izočiарou  $+0,5$  mm/rok môžu mať tiež aj vyššie intenzity pohybov, miestami do  $+1,0$  mm/rok, ako napr. lokalita Spišské Podhradie ( $+1,0$  mm/rok) v Hornádskej kotline, v Hybiach ( $+0,9$  mm/rok) v Liptovskej kotline a iné. Rozľahlá oblasť Slovenského rudohoria, Nízkych Tatier, ako aj depresné morfoštruktúry typu Horehronského podolia a Juhoslovenskej kotliny sa prejavujú pohybmi oscilujúcimi okolo 0,0 až  $+0,5$  mm/rok. Táto intenzita pohybov podľa mapy 1 sa

prejavuje aj v SZ výbežku Slovenska, ktorý tvoria prevažne morfoštruktúry vonkajšieho flyšu vhlbenej, ako aj vypuklej formy. Rudohorská oblasť patrí medzi najstabilnejšie územie SR, čo potvrdzuje skôr publikované výsledky [11, 14, 16].

Z predbežnej korelácie súčasných vertikálnych pohybov s morfoštruktúrami vyplýva, že prevládajú prevažne priame vzťahy, ale vo viacerých prípadoch nachádzajú sa aj obrátené, odzrkadľujúce súčasnú prestavbu morfoštruktúr so zmenou smeru a intenzity pohybu. Predložená mapa poskytuje spresnené údaje o dynamike zemského povrchu na území Slovenska na podklade opakovaných nivelácií.

Celková amplitúda recentných pohybov v SR za 24-ročné obdobie je 5,0 mm/rok, najmä v dôsledku poklesov v našich nížinných oblastiach.

### *Vzťah recentných vertikálnych pohybov zemského povrchu pre epochu 1951—1976 k epicentrám zemetrasení*

Medzi recentnými vertikálnymi pohybmi a zemetraseniami je pomerne úzky vzťah. Z doterajších zovšeobecňujúcich výsledkov [2, 6, 18, 23] širších regionálnych oblastí vyplýva, že recentné vertikálne pohyby majú kolísavý charakter, ktorý mení aj znamienko pohybu. To znamená, že zdvih príslušného regiónu môže byť po období niekoľkých rokov, resp. desiatok rokov vystriedaný poklesom a naopak. Seizmická aktivnosť v Západných Karpatoch sa vzťahuje k významným zlomovým zónam, ktoré sa vyznačujú zvýšenou mobilnosťou a rôznymi znakmi pohybov v mladšej neotektonickej etape.

Z doterajších analýz recentných vertikálnych pohybov zemského povrchu vo vzťahu k zemetraseniam a k seizmoaktívnym zlomom [4, 14] vyplýva, že zemetrasenia sa koncentrujú pozdĺž hlbinných zlomov, najmä na ich križovaní s ďalšími hlbinnými alebo kôrovými zlomami iných smerov. Z analýzy ďalej vyplýva, že tieto sú sústredené prevažne do okrajových častí blokov alebo krýh, ktoré zároveň vo viacerých prípadoch tvoria aj rozhrania v intenzite recentných vertikálnych pohybov. Z tohto hľadiska je významný záhorsko-humenský hlbinný zlom pozdĺž bradlového pásma, na ktorom sa vyskytujú v tzv. zemetrasených uzloch epicentrá zemetrasení — Dobrá voda v Malých Karpatoch 8° MSK, Žilina 7—8° MSK, Humenné 6° MSK. Na veporskom hlbinnom zlome, epicentrá sa koncentrujú najmä v oblasti Komárna, Banskej Štiavnice a Popradu. Oblasť Komárna ležiaca na styku rudohorsko-pilišského a podunajského bloku sa vyznačuje najintenzívnejšími otrasmi na Slovensku (9° MSK). Menej časté seizmické prejavy sa vyskytujú na štiavnicko-přerovskom hlbinnom zlome smeru SZ—JV. Epicentrá pri Prešove a Košiciach súvisia s hornádkym zlomovým systémom, ktorý je povrchovým prejavom slanského hlbinného zlomu, v podloží Slanských vrchov. Ďalšie epicentrá zemetrasení menšej intenzity sa viažu na jednotlivé zlomy v kôre, resp. na ich vzájomné križovanie. Možno tu spomenúť epicentrá v oblasti Banskej Bystrice a v Horehronskom podolí (7° MSK). Väčšina epicentier zemetrasení sa nachádza v hĺbkach 5—10 km a v seizmoaktívnych zónach ich hĺbka dosahuje 10—20 km [4].

Za sledované obdobie recentných vertikálnych pohybov sa zemetrasenia neprejavovali vo všetkých oblastiach Slovenska s rovnakou častotou a intenzitou [8, 9].

V rokoch 1951—1976 sa vyskytli viaceré makroseizmické prejavy zemetra-

sení s intenzitou do  $6,5^{\circ}$  MSK v podunajskom bloku, západnej časti rudohorsko-pilišského bloku a v priliehajúcej časti fatransko-tatranského bloku (najmä v oblasti stredoslovenských neovulkanických pohorí a kotlín), ojedinele sa vyskytovali aj v potiskom bloku. Makroseizmické účinky zemetrasení sa šírili prevažne po tektonických líniiach SZ-JV, SV-JZ a S-J aj z epicentrálnych oblastí, mimo nášho územia (Rakúsko, Maďarsko, Rumunsko).

Najčastejšie výskyty epicentier zemetrasení nachádzame v malokarpatskej zemetrasnej oblasti v podunajskom bloku (19X), zatiaľ čo v našej najintenzívnejšej komárňanskej zemetrasnej oblasti na styku podunajského a rudohorsko-pilišského bloku sa vyskytli iba dvakrát. Epicentrá zemetrasení vo fatransko-tatranskom bloku sa vyskytli v menšej miere (4X), zatiaľ čo v potiskom bloku iba dvakrát, a to v druhej polovici sledovaného obdobia. Častot výskytu epicentier zemetrasení je tu časove pomerne rovnomerne rozložená. Predsa však v uvedenom období môžeme pozorovať väčšie koncentrácie prejavov epicentier zemetrasení v desaťročných intervaloch (1957 — 4X, 1967 — 4X, 1976 — 6X). Berúc do úvahy aj makroseizmické prejavy vyvolané zemetraseniami v okolitých štátoch — podunajský blok za uvedené obdobie vykazoval najintenzívnejšiu endogénnu dynamiku z blokov Západných Karpát. Z údajov za sledované 24-ročné obdobie môžeme predpokladať, že intenzita a častot makroseizmických prejavov zemetrasení slabla smerom k blokom na východnom Slovensku.

Z mapy recentných vertikálnych pohybov vyplýva, že prevažná väčšina otriasaného územia sa nachádza v poklesovej tendencii. Znázorňuje to izočiara nulového pohybu od V. Krtíša v smere cez Krupinskú planinu k Pitelovej a Žiline. Podobná situácia sa vyskytuje aj na východnom Slovensku, najmä v potiskom bloku.

Z doterajších poznatkov týkajúcich sa štúdia recentných tektonických pohybov vyplýva, že predmetná oblasť aj napriek pozitívnym morfoštruktúram so stredohorským až hôňym reliéfom (napr. Malé Karpaty, Považský Inovec, Strážovské vrchy, Malá Fatra, Slanské vrchy a iné) je vtiahnutá do oblasti poklesov. Došlo tu pravdepodobne k inverzii pohybov, čo zodpovedá zisteniam na geodynamických polygónoch zemetrasných oblastí o kolísavých recentných tektonických pohyboch [2, 6, 18, 23] s prechodom až do zmeny znamienka pohybu. Príklad zmeny znamienka pohybu môžeme uviesť aj z geodynamického polygónu Bratislava, kde morfoštruktúra Malých Karpát v r. 1971—1973, mala pozitívne zdvihy až takmer  $+8,0$  mm/rok [19] a v predkladanej mape Malé Karpaty sa nachádzajú v oblasti výrazných poklesov. Príčinu zmien typov pohybov zemskej kôry v seizmických regiónoch možno dať do súvislosti s „prípravou“ zemetrasení, resp. vlastným priebehom zemetrasení. Jadrom poklesových území na Slovensku sú však naše nížiny, ktoré majú zdedené diferencované pohyby prevažne negatívneho rázu z vrchného neogénu a pleistocénu. Z uvedeného vyplýva, že endogénne procesy vyvolávajú kolísavé pohyby záporného rázu aj v okolitých pozitívnych morfoštruktúrach susedných blokov v rozpätí od  $0,0$  až  $-0,5$  mm/rok na východnom Slovensku a na západnom Slovensku až do  $-2,0$  mm/rok.

Centrálne časti blokov, najmä rudohorsko-pilišského a fatransko-tatranského bloku, sa vyznačujú zdvihovými pohybmi od  $0,0$  mm/rok až  $+0,5$  mm/rok. Podľa doterajších výskumov [11, 14, 24] oblasť Slovenského rudohoria patrí k najstabilnejším partiám zemskej kôry v Západných Karpatoch. Jej recentné po-



hyby aj z dlhodobejšieho časového úseku vykazujú hodnoty okolo 0,0 až 0,5 mm/rok. Potvrďuje to aj takmer absencia epicentier zemetrasení v tomto regióne. Z geomorfologického hľadiska predmetnú oblasť tvorí prevažne hornatinný a vrchovinný reliéf s ojedinelým výskytom depresných foriem — brázd a kotlín.

Zmena znamienka pohybu zemského povrchu sa vyskytuje najmä v súvislosti s priebehom zemetrasenia. Táto zmena a príprava tejto zmeny má vplyv aj na ďalšie endogénne procesy, napr. na stupeň „roztvorenosti“ hlbinných zlomov a na intenzívnosť cirkulácie podzemných vôd. Zistil sa napr. zvýšený obsah radónu v podzemných vodách, niekoľko mesiacov, resp. dní pred výskytom intenzívnejších otrasov [18, 23], alebo tiež zvýšená výdatnosť roponosných polí, čo môže mať aj praktické aspekty.

Po zemetrasení znova nasleduje tzv. prípravné štádium nového zemetrasenia s postupnou koncentráciou endogénnej energie. Z tohto dôvodu je potrebné v našich oblastiach rozvíjať geodetické metódy výskumu metódou zvlášť presnej opakovanej nivelácie a špeciálne geomorfologické metódy týkajúce sa štúdia procesov na aktívnych zlomových poruchách. Výskumy tejto problematiky je potrebné prehľbovať aj v západokarpatskej oblasti, týka sa to najmä prognózy lokalít zemetrasenia.

## ZÁVER

Z mapy recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát pre epochu 1951—1976 vyplýva, že za sledované obdobie (24 rokov) sa zistili pohyby s maximálnymi hodnotami +1,0 mm/rok (zdvihové pohyby) a -4,0 mm/rok (poklesy), t. j. celkové rozpätie pohybov je 5,0 mm/rok.

Oblasť stredného Slovenska vykazuje zdvihy, resp. menšie regióny sa prejavujú ako stabilné s intenzívnymi zápornými tiažovými anomáliami a väčšími hrúbkami kôry (36—45 km). Celkový pokles nižinných oblastí vzhľadom na horské regióny Západných Karpát je evidentný. Registrované pohyby sú vo väčšine pomerne intenzívne, s prevládajúcimi poklesmi smerom do stredu Panónskej panve.

Mapa bola porovnaná s neotektonickými blokmi a epicentrami zemetrasení Západných Karpát. Z porovnania vyplýva, že nižinné oblasti Slovenska patriace podunajskému bloku a potiskému bloku vykazujú najintenzívnejšie poklesy až -4,0 mm/rok a vyznačujú sa výraznými kladnými tiažovými anomáliami a menšou hrúbkou kôry 24—36 km [7, 13].

Zároveň v uvedenej epoche sa podunajský blok prejavoval z neotektonických blokov ako seizmicky najaktívnejší. Z analýzy vyplynulo, že viaceré pozitívne morfoštruktúry (typu stredohorí a hornatín, Malé Karpaty, Biele Karpaty, Tribeč, Strážovské vrchy, Slovenský kras, Vihorlatské vrchy a iné) majú kolísavý charakter pohybov negatívneho znamienka. Ide o krátkodobé (kolísavé) pohyby zistené na základe geodetických metód. Avšak na celkovej pohybovej tendencii pozitívnych morfoštruktúr sa tieto skutočnosti z dlhodobejšieho časového úseku výraznejšie neprejavujú.

Prevláda tu buď stúpajúca, alebo klesajúca celková tendencia. Geodetickými metódami sa tu zachytáva iba „krátkodobé dýchanie“ zemskej kôry, ktoré je významné tak z vedeckého, ako aj z praktického hľadiska.

1. BROUČEK, J.: Maximálna intenzita zemetrasení, Atlas SSR, Bratislava 1980. — 2. BALJAN, S. P., LILIENBERG, D. A., MALINOVSKIJ, E. E.: Novejšaja i sovremennaja tektonika sejsmoaktivnych orogenov Armenii i rajona Spitaksskogo zemetrasenija. Geomorfologija, 4, Moskva 1989, s. 3—16. — 3. FUSÁN, O. a kol.: Geologická stavba podložia zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. Zborník Geologických vied, Západné Karpaty, 15, Bratislava 1971, s. 7—173. — 4. FUSÁN, O., KVIŤKOVIČ, J., PLANČÁR, J.: Dinamika blokov Zapadnych Karpat. Blokovoje strojenje i razlomy..., I. Sofija 1984, s. 83—91. — 5. HRADÍLEK, L.: Vysokohorská geodézie. Akademie, Praha 1984, s. 7—230. — 6. CHAIN, V. E., MICHAJLOV, A. E.: Obsčaja geotektonika, Izd. Nedra, Moskva 1985, s. 3—326. — 7. IBRMAJER, J., PLANČÁR, J., FUSÁN, O.: Základné prvky hlbínnej stavby Západných Karpát, mapa 1:500 000, Geologický ústav DŠ, Bratislava 1985. — 8. KÁRNIK, V., MICHAL, E., MOLNÁR, A.: Erdbebenkatalog der Tschechoslowakei bis zum Jahre 1956. Práce Geofyzikálneho ústavu Československé Akademie věd № 69, Geofyzikální sborník, Praha 1957, s. 411—598. — 9. KÁRNIK, V., PROCHÁZKOVÁ, D., BROUČEK, J.: Catalogue of Earthquakes for the territory of Czechoslovakia for the Period 1957—1980. Práce Geofyzikálneho ústavu ČSAV № 555, Praha 1981, s. 155—186. — 10. KVIŤKOVIČ, J.: Movement tendencies of the West Carpathians in the Quaternary, Tectonophysics, 29, Amsterdam 1975, s. 369—375.

11. KVIŤKOVIČ, J., VANKO, J.: Štúdium súčasných pohybov zemskej kôry na Slovensku. Geograf. Čas., 23, 2, Bratislava 1971, s. 124—132. — 12. KVIŤKOVIČ, J., VANKO, J.: Recent Crustal Movements in the Region of Eastern Slovakia. Geograf. Čas., XXIV, 2, Bratislava 1972, s. 151—161. — 13. KVIŤKOVIČ, J., PLANČÁR, J.: Analýza morfoštruktúr z hľadiska súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k hlbínnej geologickej stavbe Západných Karpát. Geograf. Čas., 27, 4, Bratislava 1975, s. 309—325. — 14. KVIŤKOVIČ, J., PLANČÁR, J.: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry vo vzťahu k zemetraseniam a seizmoaktívnym zlomom v Západných Karpatoch. Geograf. Čas., 29, 3, Bratislava 1977, s. 239—253. — 15. KVIŤKOVIČ, J., VANKO, J., PLANČÁR, J.: Sovremennye dvizenija zemnoj kory Zapadnych Karpat. In: Sovremennye dvizenija zemnoj kory. Tezisy dokladov II, Moskva 1977, s. 38—40. — 16. KVIŤKOVIČ, J., VANKO, J.: Recent Vertical Movements of the Earth's Crust in the West Carpathians. Geograf. Čas., 32, No. 2—3, 1980, pp. 171—179. — 17. KVIŤKOVIČ, J., FERANEC, J.: Lineárne a nelineárne rozhrania Západných Karpát, identifikované pomocou kozmických snímok. Geograf. Čas., 38, 2—3, Bratislava 1986, s. 152—163. — 18. LILIENBERG, D. A.: Razvitie i soveršenstvovanie kartirovanija sovremennych tektoničeskich dvizenij. Sovremennye dvizenija zemnoj kory. Morfostruktury, razlomy, sejmičnosť, Moskva 1987, s. 60—68. — 19. MARČAK, P., VANKO, J.: Prvé výsledky výskumu z geodynamického polygónu Bratislava. Geodetický a kartografický obzor, 24, 3, Praha 1978, s. 55—61. — 20. MAZÚR, E.: Morfoštruktúry Západných Karpát a ich vývoj. Acta fakultatis rerum naturalium universitatis Comenianae Geographica No 17, Bratislava 1979, s. 21—34.

21. MAZÚR, E.: Morfoštruktúry, Mapa v mierke 1:1 mil., Atlas SSR, Bratislava 1980. — 22. MAZÚR, E., KVIŤKOVIČ, J.: Young movements scale 1:1 mil., Atlas SSR, Bratislava 1980. — 23. MEŠČERJAKOV, Ju. A.: Relief SSSR. Izdatelstvo Mysl, Moskva 1972, s. 3—498. — 24. VANKO, J., KVIŤKOVIČ, J.: Recent vertical movements of the earth's crust scale 1:1 mil., Atlas SSR, Bratislava 1980. — 25. VANKO, J., VYSKOČIL, P.: The map of vertical crustal movements in Czechoslovakia and its interpretation. Journal of Geodynamics 8, (1987), s. 143—150. — 26. VANKO, J.: A Rectified map of Recent vertical movements in the West Carpathians in Slovakia. Journal of Geodynamics, 10, 1988, s. 147—155. — 27. VANKO, J.: Mapa recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát na Slovensku pre epochu 1952—1977. Geodetický a kartografický obzor, 34, č. 9, Praha 1988, s. 216—222. — 28. VANKO, J., VYSKOČIL, P., ZEMAN, A.: The map of vertical movements in Czechoslovakia. Journal of Geodynamics, 9, 1988, s. 165—170. — 29. VYSKOČIL, P., ZEMAN, A.: Problematika a dosavadní výsledky studia recent-

Йозеф Квиткович, Ян Ванко

## СОВРЕМЕННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗАПАДНЫХ КАРПАТ В ЭПОХУ 1951—1976 ГГ.

Из карты современных вертикальных движений Западных Карпат, составленной для эпохи 1951—1976 гг., следует, что в данный период (24 лет) имели место движения с максимальными значениями +1 мм в год (поднятия) и —4 мм в год (опускания), т. е. общая амплитуда движений представляла собой 5,0 мм в год.

Территория центральной Словакии характерна поднятиями, или же небольшие регионы проявляются как устойчивые с интенсивными отрицательными аномалиями силы тяжести и с более значительной толщей земной коры (34—45 км). Общее опускание низменностей по отношению к горным регионам — очевидно. Зафиксированные движения в большинстве случаев являются сравнительно интенсивными, с преобладанием опусканий в направлении к центру Паннонского бассейна.

Картографическое изображение сравнивалось с расположением неотектонических блоков и с наличием эпицентров землетрясений в Западных Карпатах (карта 3). Из этого сравнения вытекает, что низменности Словакии, относящиеся к придунайскому и притисскому блоку, характерны наиболее интенсивными опусканиями (достигающими значений —4 мм в год), отличающимися отчетливо положительными аномалиями силы тяжести и уменьшением мощности земной коры до значений 24—36 км [13, 7].

Одновременно, в данную эпоху придунайский блок по сравнению с другими неотектоническими блоками Западных Карпат, проявлялся сейсмически как наиболее активный. Из анализа следует, что многие позитивные морфоструктуры (типа низкогорий и среднегорий) характерны колебанием движений с отрицательными величинами.

Рис. 1. Сеть повторных нивелировок.

Карта 1. Карта современных вертикальных движений Западных Карпат.  
Карта 2. Оценка точности годичных скоростей современных движений (в мм в год).  
Карта 3. Неотектонические блоки Западных Карпат. 1 — глубинные разломы достигающие верхние части мантии, 2 — разломы достигающие нижние участки земной коры, 3 — придунайский блок, 4 — рудногорно-пилишский блок, 5 — притисский блок, 6 — фатро-татранский блок, 7 — бескидско-буковский блок, 8 — краковский блок, 9 — словацко-силезийский блок, 10 — словацко-моравский блок, 11 — эпицентры землетрясений разной интенсивности, 12 — населенные пункты.

Перевод: Л. Правдова

## RECENT VERTICAL MOVEMENTS IN THE WEST CARPATHIANS FOR PERIOD 1951—1976

From the map of recent vertical movements in the West Carpathians it results that movements with maximum values of +1.0 mm per year (uplift movements) and -4.0 mm per year (subsidence), i. e. the total range of movements 5.0 mm per year, were ascertained for the period followed (24 years).

The area of Central Slovakia displays uplifts and smaller regions manifest themselves here as stable with intensive negative gravity anomalies and with greater thicknesses of the crust (34—45 km). The total subsidence of lowland areas related to the mountain regions of the West Carpathians is evident. The recorded movements are mostly relatively intensive, with prevailing subsidence in direction to the centre of the Panonian Basin.

The map have been compared with neotectonic blocks and with earthquake epicentres in the West Carpathians (Map 3). From the comparison it results that the lowland areas of Slovakia belonging to the Danubian and Tisa blocks display the most intensive subsidence up to -4.0 mm per year and are marked for striking positive gravity anomalies and for lesser thickness of the crust, namely 24—36 km [13, 7].

At the same time, in the period mentioned, the Danubian block manifested itself out of the tectonic blocks of the West Carpathians seismically as the most active. From the analysis it has been resulted that several positive morphostructures (of the type of middle mountains and gebirglands) possess an oscillating nature of movements with negative sign.

Fig. 1. A network of repeated levellings.

Map 1. Map of recent vertical movements in the West Carpathians.

Map 2. Estimation of accuracy of annual recent movement velocities (in mm per year).

Map 3. Neotectonic blocks in the West Carpathians. 1 — deep faults reaching the upper part of mantle, 2 — faults reaching the lower part of crust, 3 — Danubian block, 4 — Rudohorie-Piliš block, 5 — Tisa block, 6 — Fatra-Tatry block, 7 — Beskydy-Bukov block, 8 — Cracovian block, 9 — Slovakia-Silesian block, 10 — Slovakia-Moravian block, 11 — earthquake epicentres of different intensity, 12 — settlements.

Translated by A. Krajčír