

JOZEF KVITKOVIČ, JOZEF PLANČÁR

**RECENTNÉ VERTIKÁLNE POHYBY ZEMSEJ KÔRY  
VO VZŤAHU K ZEMETRASENIAM A SEIZMOAKTÍVNYM ZLOMOM  
V ZÁPADNÝCH KARPATOCH<sup>1</sup>**

Jozef Kvitkovič, Jozef Plančár: Recent vertical movements of the earth's crust in relation to the earthquakes and seismo-active faults in the West Carpathians. Geogr. Čas., 29, 1977, 3; 1 map, 55 rfs.

In the contribution, the authors give an analysis of the occurrence of earthquakes in the West Carpathians in relation to the seismotectonic faults and recent vertical movements. Consequent to the analysis the epicentres occur in the crossing or in proximity to the crossing of sub-surface or crust faults. They are concentrated in the border parts of blocks, which represent, at the same time, also a turn in the intensity of recent vertical movements and heat flows. In most part of the territory, the earthquake effects are bound with the feet of morphostructures and river valleys. In this way, their tectonic predisposition and recent mobility is emphasized.

Predkladaný príspevok nadväzuje na predchádzajúce práce, ktoré sa týkajú analýzy súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k morfoštruktúram a hĺbinnej stavbe [J. Kvitkovič, J. Plančár [31], ako aj analýzy izostatických podmienok z hľadiska súčasných pohybov zemskej kôry [J. Kvitkovič, J. Plančár, V. Vyskočil [33].

Pri štúdiu súčasnej dynamiky zemskej kôry veľký význam majú seizmologické dáta, ktoré vhodne dopĺňajú geodetické, geomorfologické, geologické a geofyzikálne interpretácie o recentných vertikálnych pohyboch zemskej kôry. Z uvedenej problematiky treba spomenúť prácu L. Čepka [10], kde sa analyzujú tektonické pomery Podunajskej nížiny s ohľadom na zemetrasné účinky. Na vzťah epicentier a intenzity makroseizmického poľa k aktívnym zlomom a kryhám zemskej kôry poukázal A. Zátpek [53, 54, 55, 56, 57]. Obzvlášť treba vyzdvihnúť jeho práce, ktoré predstavujú komplexný a syntetizujúci seizmologický materiál v oblasti Západných Karpát [53, 54, 57]. Za významné poznatky treba pokladať syntézu seizmologických prejavov medzi Východnými Alpami, Českým masívom a Západnými Karpátmi. Rovnako aj jeho výsledky analýzy jednotlivých zemetrasení a intenzity makroseizmického poľa v Západných Karpatoch vo vzťahu k aktívnym zlomom i kryhám poskytujú cenné poznatky o pripovrchovej a hĺbinnej stavbe. Predstavujú v tomto smere základné štúdie pre ďalšie prehľbovanie znalostí o tejto problematike.

<sup>1</sup> Akademikovi A. Zátpekovi pri príležitosti jeho 70. narodenín.

Spracovaním a interpretáciou seizmologických dát na Slovensku sa ďalej zaoberali F. Koláček [23, 24], J. Hromádka [15], J. Kaldrovits [16], A. Réthly [48], V. Kárník, E. Michal, A. Molnár [18], V. Kárník [19, 20, 21], I. Brouček [3, 4, 5], I. Brouček, D. Prochádzková [6] a iní.

Tieto práce poskytujú bohatý seizmologický materiál, ako aj výsledky o seizmicite Slovenska. Napríklad V. Kárník [19, 21] na základe rozboru seizmickej činnosti za obdobie posledných 200—300 rokov v Západných Karpatoch vymedzi 3 hlavné seizmoaktívne oblasti, a to Považskú líniu, vulkanické pohoria. Komárňanskú panvu a poukázal na vzťah epicentier k tektonickým líniam.

#### VZŤAH EPICENTRÁLNYCH OBLASTÍ K SEIZMOAKTÍVNYM ZLOMOM A RECENTNÝM VERTIKÁLNYM POHYBOM ZEMSKÉJ KÔRY

V tomto príspevku sa budeme zaoberať komplexnejšou analýzou epicentrálnych oblastí Západných Karpát vo vzťahu k seizmoaktívnym zlomom a recentným vertikálnym pohybom. Pri riešení tejto problematiky budeme vychádzať z analýzy seizmických máp, najmä epicentier zemetrasení, intenzity makroseizmického poľa [A. Zátopek [53, 55, 56, 57], V. Kárník [19, 21], I. Brouček [4, 5], I. Brouček, D. Prochádzková [6], ďalej z máp súčasných vertikálnych pohybov a súčasných pohybových tendencií v korelácii k hlbinným zlomom a blokovej stavbe Západných Karpát [J. Kvitkovič, J. Vanko [27, 28], J. Kvitkovič [29], J. Kvitkovič, J. Plančár [31], P. Marčák a kol. [40], J. Kvitkovič, J. Vanko [32]]. Na základe zovšeobecňujúcich poznatkov sa zostavila mapa, na ktorej sú vyznačené epicentrá zemetrasení, seizmoaktívne zlomy, bloky Západných Karpát a intenzita makroseizmického poľa (mapa 1). Priebeh a hĺbkový dosah seizmoaktívnych zlomov sa stanovil na základe analýzy geofyzikálnych dát v korelácii s geologickými poznatkami i predpokladmi, ako aj vertikálnymi recentnými pohybmi zemskej kôry. Pritom najviac konkrétnych údajov sa získalo kvantitatívnou a kvalitatívnou interpretáciou tiažových anomálií, seizmologických dát a výsledkov seizmických meraní pozdĺž regionálnych a medzinárodných profilov [1, 12, 47]. Z geologicko-geofyzikálnej syntézy vyplýva, že všetky znázornené seizmoaktívne zlomy predstavujú niekoľko km široké poruchové zóny a zasahujú buď do Moho-diskontinuity, resp. spodnej časti kôry (hlbinné zlomy), alebo do väčších hĺbok kôry (kôrové zlomy).

Väčšina epicentier na Slovensku sa koncentruje pozdĺž seizmoaktívneho hlbinného zlomu, ktorý prebieha po západnej strane Malých Karpát až po Starú Turú, odkiaľ pokračuje južným okrajom bradlového pásma k Žiline, do doliny Oravy, kde sa stáča smerom na JV k Pieninám a Humennému, ďalej pokračuje na Zakarpatskú Ukrajinu. Po geologickej stránke predstavuje výraznú krustálnu diskontinuitu medzi vnútornými a vonkajšími Karpátmi a podľa výsledkov hlbínnej seizmickej sondáže spôsobuje skok v Moho-diskontinuite. Morfológicky sa prejavuje výraznou inverznou brázdou, ktorá je iba miestami porušená lokálnymi eleváciami. Rozloženie epicentier pozdĺž tohto zlomu je sústredené do oblasti Perneka, Dobrej Vody, Trenčianskych Teplíc, Žiliny, Spišskej Starej Vsi, Humenného a ďalej v okolí Svaljavy a Neresnice v Zakarpatskej Ukrajine [13, 14]. Na významný seizmoaktívny zlom po východnom úpätí Malých Karpát sú viazané epicentrá pri Bratislave, Pezinku, Smoleniciach a Dobrej Vode [10, 53, 21, 3, 5]. Podľa novších geologicko-morfologických a geofyzikálnych

interpretácií tento krustálny zlom pokračuje od Smoleníc severovýchodným smerom takmer až k Trenčínu, kde sa pripája na hlbinný zlom pozdĺž bradlového pásma. Z uvedeného vyplýva, že Malé Karpaty predstavujú výraznú zemetrasnú oblasť. Samé pohorie sa vyznačuje hrasťovou štruktúrou neotektonického založenia. Usudzujúc z výskytov niekoľkých generácií povrchov zarovňavania, pohorie bolo pozdĺž zlomových porúch smeru SSV—JJZ nerovnomerne vyzdvihnuté. V južných a stredných častiach zdvihy dosahujú hodnoty 400—700 m, kým v severných častiach medzi Smolenicami a Novým Mestom nad Váhom iba 300—600 m. Význačným fenoménom sú pomerne priamočiare zlomové svahy, ktoré oddeľujú Malé Karpaty od priľahlých nížin s tendenciou nerovnomerných poklesov. Prične zlomy kolmé na priebeh pohoria sú menej výrazné. Na viacerých z nich sa vyvinuli predely a sedlá, pozdĺž ktorých sa pohorie delí na jednotlivé časti. Nemožno ich opomenúť ani zo seizmického hľadiska. Dnešná pohybová tendencia pohoria má neutrálny až slabo negatívny charakter, dosahuje hodnoty  $-0,5$  mm/rok [31].

Epicentrá pri Bratislave sú na križovaní zlomov smeru SSV—JJZ, ktoré tektonicky obmedzujú hrasťovú štruktúru Malých Karpát so zlomom smeru SZ—JV pozdĺž Dunaja, ktorý pokračuje k Györu do Maďarska. Na jeho seizmickú aktivitu poukázal už L. Čepek [10]. Na geofyzikálnych mapách sa tento zlom na našom území prejavuje nevýrazne, avšak podľa geologických a geomorfologických štúdií ho zreteľne môžeme sledovať na južnom okraji Malých Karpát, kde vznik Devínskej brány bol podmienený jeho aktivitou v kvartérnom období [36, 46].

Z epicentrálnej oblasti Pernek—Pezinok sa intenzita makroseizmického poľa šíri na JV do okolia Komárna, ktoré sa prejavuje vysokou seizmickou aktivitou [48, 55, 56, 21, 4, 5]. Z oblasti Pernek—Pezinok prebieha podľa O. Fusána a kol. [12] kôrový zlom do okolia Komárna. V Malých Karpatoch sa prejavuje osnou depresiou, ktorá oddeľuje bratislavský žulový masív od modranského granitoidného masívu a v Podunajskej nížine podľa geologicko-geomorfologických výskumov obmedzuje kvartérnu poklesovú oblasť Žitného ostrova zo severnej strany. Jeho súčasnú poklesovú tendenciu dokladajú aj výsledky opakovaných nivelácií [51, 27, 32].

Epicentrá v oblasti Dobrej Vody sa koncentrujú predovšetkým na drobnú tektonicko-eróznú kotlinu v Malých Karpatoch, kde sa zachovali zvyšky mezozoických i miocénnych sedimentov. V staršom neogéne širší región Dobrej Vody od Jablonického priesmyku predstavoval morskú úžinu medzi Viedenským bazénom a Komárňanskou panvou. Dnes sa táto oblasť vyznačuje stredohorským charakterom. Sama Dobrovodská kotlina je mladou poklesnutou formou s priamočiarymi zlomovými svahmi po svojom okraji. Vyznačuje sa mierne až stredne zvlneným pahorkatinným reliéfom, ktorý sa začal vyvíjať vo vrchnom pliocéne. Nad kotlinou výrazne vystupujú kryhy Klenovej (585 m) a Kopca (472 m). Odvodňuje ju potok Blava s dolinou antecedentného charakteru. Epicentrá v Dobrovodskej kotline a na jej blízkom okolí sa viažu tiež na križovanie zlomových systémov, ktoré ohraničujú Malé Karpaty s kôrovými zlomami smeru SV—JV. Tieto prebiehajú naprieč pohorím od Jablonického priesmyku až za Dobrovodskú kotlinu [12, 39]. Malé Karpaty sa tu vyznačujú drobnokryhovou stavbou, ktorá, ako dosvedčuje častý výskyt zemetrasení, dodnes sa nachádza v nerovnovážnom stave. Význačná porucha z oblasti medzi Jablonickým priesmykom a Dobrovodskou kotlinou prebieha až do okolia Nových

Zámkov. Tento zlom nadväzuje na seizmotektonickú líniu medzi Novými Zámkami a Kravanmi, ktorú interpretoval L. Čeppek [10]. Z analýzy súčasných pohybových tendencií vyplýva, že zlom v hrubých črtách tvorí rozhranie medzi výraznými poklesmi (až  $-3,5$  mm/rok) na jeho severovýchodnej strane, teda v považskom a nitrianskom výbežku Podunajskej nížiny a relatívne menšími poklesmi (do  $-1,5$  mm/rok) na jeho juhozápadnej strane [31]. Z juhozápadnej strany oddeľuje ponorené morfoštruktúry Považského Inovca a Tríbeča, vysledované podľa kvantitatívnej a kvalitatívnej interpretácie anomálií tiažového poľa. Pri zemetraseniach v okolí Dobrej Vody nastávajú dočasné zakalenia, resp. zánik krasových prameňov, dochádza k zosunom a poklesom pôdy [15, 18, 53].

Seizmicky aktívna oblasť Komárna sa nachádza v morfológicky monotónnej oblasti, avšak z hľadiska neotektonického vývoja, najmä v kvartérnom období, predstavuje dôležité rozhranie medzi intenzívne poklesávajúcimi kryhami Žitného ostrova s mocnou akumuláciou riečnych sedimentov, ktoré dosahujú pri Dunajskej Strede hrúbku až 300 m a vystupujúcimi kryhami na V od Komárna, kde mocnosť kvartérnych sedimentov je minimálna a dosahuje hrúbku iba do 20 m. Je zaujímavé, že z hľadiska súčasných vertikálnych pohybov sa oblasť východne od Komárna prejavuje intenzívnejšími poklesmi (lokálne až  $-5,3$  mm/rok) ako Žitný ostrov [27], čo si môžeme vysvetliť krátkodobou inverziou pohybov.

Predpokladáme, že výskyty epicentier majú úzky vzťah k tektonickému uzlu, ktorý je na križovaní zlomu smeru SZ—JV, prebiehajúcim od Pezinka ku Komárnu, a hurbanovským zlomom smeru Z—V, ktorý tvorí rozhranie v predterciérnom podloží medzi kryštalinikom Západných Karpát a mezozoikom maďarského stredohoria. V skutočnosti predstavuje širokú poruchovú zónu medzi Hurbanovom a korytom Dunaja. Na seizmotektonický uzol Komárna sú viazané ďalšie kôrové zlomy smeru SV—JZ a prípoверхové zlomy smeru S—J.

Epicentrá v južnej časti Strážovských vrchov pri Trenčianskych Tepliciach sú v oblasti rozšírenia rôzne odolných hornín manínskeho, križňanského a chočského príkrovu. Prejavujú sa tu aj štruktúrne vplyvy, napr. morfológicky výrazný antiklinálny pruh Trenčianska Teplá—Petrova Lehota. Územím prechádza výrazný priečny zlom smeru SZ—JV, tzv. trenčianskoteplický, ktorý je spre-vádzaný vývermi minerálnych vôd v Trenčianskych Tepliciach. Na tejto poruche vznikla výrazná konsekventná dolina Tepličky, do ktorej sú situované epicentrá zemetrasení. Aj sama Ilavská kotlina pri západnom okraji Strážovských vrchov má tektonicko-erózný pôvod. Ohraničujú ju kôrové poruchy smeru SV—JZ. Túto pestrú morfotektonickú situáciu dokresľuje križovanie hlbinného zlomu pozdĺž južného okraja bradlového pásma so skýcovským hlbinným zlomom, ktorý pokračuje juhovýchodným smerom až do Trenčskej priekopovej prepadliny. Skýcovský zlom v týchto oblastiach tvorí rozhranie medzi podunajským a fatro-tatranským blokom, ktoré sa z hľadiska súčasných pohybových tendencií diametrálne odlišujú [31]. Uvedené morfotektonické danosti vytvárajú v regióne Trenčianskych Teplíc predpoklady na nestabilné pomery v kôre, ktoré sa občas prejavujú zemetrasením.

Epicentrálna oblasť Žiliny sa nachádza na styku výrazných morfoštruktúrnych jednotiek, budovaných rôznymi petrografickými typmi hornín a horninových komplexov. Výraznú depresnú formu tu tvorí Žilinská kotlina, ktorá je vyplnená prevažne vnútrokarpatským flyšom s premenlivým podielom pieskov-

cov, ílovcov a slieňovcov. Z juhovýchodnej strany ju ohraničuje klenbovohrasťová štruktúra jadrového pohoria Malej Fatry, zo západnej strany príkrovo-vrásťová štruktúra Strážovských vrchov a zo severnej strany Kysucké vrchy. Styk kotliny s priliehajúcimi pohoriami je tektonický. Jej morfológická individualizácia podľa E. Mazúra [41] nastala pri pohyboch až vo vrchnom pliocéne, ktoré podmienili intenzívnu eróziu a tým ju oddelili od susedných morfoštruktúr. Aj sama kotlina je rozlámaná na čiastkové kryhy, o čom svedčí výstup mezozoika v hrastovom prahu Skalky [41]. Riečna sieť — dolina Váhu, Rajčianky a Kysuce — tiež sú predisponované poruchami a zvýrazňujú v tejto oblasti morfo-tektoniku. Potvrdzujú to výskyty epicentier (dolina Váhu, Kysuce), ako aj početné výskyty makroseizmických pozorovaní pozdĺž tokov kotliny. Morfoštruktúry v priliehajúcej oblasti Žilinskej kotliny sa vyznačujú diferencovanými pohybmi od 0,0 až do +1,0 mm/rok. Predpokladáme, že ohniská zemetrasení v oblasti Žiliny majú úzky vzťah ku križovaniu hlbinného zlomu na južnom okraji bradlového pásma s kôrovými poruchami, ktoré tvoria tektonický styk kotliny s okrajovými morfoštruktúrami.

Cez epicentrálnu oblasť Žiarskej kotliny, Banskej Štiavnice a Banskej Bystrice (stredoslovenská epicentrálna oblasť) prebieha viacero regionálnych zlomov. Výrazným je zlomový systém smeru S—J. Jeho západný okraj prechádza na styku Malej Fatry s Turčianskou kotlinou a okrajom Žiarskej kotliny. Východný okraj tohto zlomového systému pokračuje od ostrého sigmoidálneho ohybu bradlového pásma pri Dolnom Kubíne pozdĺž doliny Revúcej na Banskú Bystricu a cez stredoslovenské neovulkanity ku Krupine. Ďalšia vetva tohto regionálneho zlomového systému prechádza z oblasti Hronskej Breznice cez Banskú Štiavnicu až k hurbanovskému zlomu v Podunajskej nížine.

Z rozboru odvodených gravimetrických máp i výsledkov seizmických meraní pozdĺž regionálnych profilov usudzujeme, že západný okraj poruchovej zóny medzi Turčianskou a Žiarskou kotlinou až k Hurbanovskému zlomu zasahuje do Moho-diskontinuity a ostatné zlomy tejto zóny do spodnej časti kôry.

Juhovýchodným okrajom stredoslovenskej epicentrálnej oblasti prebieha Čertovická línia SV—JZ smeru [12]. Podľa kvalitatívnej interpretácie gravimetrických dát predstavuje najvýraznejšie rozhranie hustoty vo väčších hĺbkach kôry v Západných Karpatoch. Línia je tektonickým stykom tatríd a veporíd.

V stredoslovenskej epicentrálnej oblasti sa zistili aj ďalšie pripovrchové zlomy smerov SV—JZ, SZ—JV a Z—V, ktoré často nachádzajú odraz aj v dnešnej morfológii územia. Do systému smeru SZ—JV prináleží aj hlbinný skýcovský zlom, ktorý spolu s čertovickou líniou tvoria v príslušných úsekoch ohraničenie kremnicko-štiavnického bloku. Vertikálne pohyby najmä na severo-južnom zlomovom systéme v bádenskom a sarmatskom období podmienili v stredoslovenskej oblasti rozsiahly vulkanizmus. Predmetnú oblasť v neotektonickom období postihovali diferencované pohyby. Najviac boli vyzdvihnuté vrásov-zlomové morfoštruktúry fatro-tatranského typu v zmysle E. Mazúra [44], ktoré v klenbovohrastiach Veľkej a Malej Fatry dosahujú hodnoty 1200—1500 m. Tieto diferencované vertikálne pohyby v značnej miere našli odraz aj v neovulkanických morfoštruktúrach jednak pozitívneho typu, a to v hrastiach a v čiastkových kryhách, a jednak ale aj v morfoštruktúrach negatívneho typu — v priekopových prepadiňách. Ako príklad možno uviesť Žiarsku kotlinu, kde mocnosť vrchnobádenských a pliocénnych sedimentov dosahuje do 1500 m [25]. Vrchnopliocénne až mladokvartérne pohyby v kremnicko-štiavnickom

bloku dokladá finálny vulkanizmus. V rámci regionálneho zlomového systému smeru S—J vystupujú morfoštruktúry viacerých typov, ktoré sa vyznačujú rozdielnymi recentnými pohybovými tendenciami. V morfoštruktúrach typu priekopových prepadlín (Turčianskej, Žiarskej, Zvolenskej a Plešiveckej kotliny) prevládajú relatívne poklesy (do  $-0,5$  mm/rok), kým susedné morfoštruktúry typu klenieb, resp. hrastí sa prejavujú relatívnymi zdvihmi (do  $1,5$  mm/rok). Recentnú tektonickú aktivnosť kremnicko-štiavnického bloku dokladajú aj zvýšené hodnoty tepelného toku, ktoré dosahujú  $> 2,5 \mu$  cal/cm<sup>2</sup>.sek [17].

V širšom okolí Spišskej Starej Vsi sa zistilo 7 zemetrasení s hĺbkou ohnísk do 5 km a s maximálnou intenzitou od 4,1 do 5,6 M<sub>10</sub> (magnitudo). Väčšina epicentier je na južnom okraji bradlového pásma. Po geologicko-morfologickej stránke je tento región charakterizovaný tektonickým stykom Pienín s hrastovým masívom Spišskej Magury. Aj sám prelom Dunajca cez Pieniny epigeneticko-antecedentného rázu svedčí o mladých zdvihoch. Je zaujímavé, že v miestach najväčších epicentrálnych intenzít sa zistili recentné poklesy  $-0,75$  mm/rok [28], kým neďaleká tatranská oblasť sa vyznačuje zdvihmi viac ako  $2,5$  mm/rok [31].

Ďalšie epicentrá pri Lendaku a Ždiari sa nachádzajú v blízkosti podtatranského zlomu, a to v miestach, kde sú kontrastné pohybové tendencie, teda na styku morfoštruktúr Tatier so Spišskou Magurou a Popradskou kotlinou. Ako vyplýva z geologicko-morfologických pomerov a interpretácie tiažových anomálií, epicentrá v širšom okolí Spišskej Magury možno tiež dávať do súvislosti jednak s križovaním hlbinného zlomu pozdĺž bradlového pásma s kôrovým podtatranským zlomom a jednak s ďalšími podružnými pripovrchovými zlomami, pozdĺž ktorých nastáva izostatické vyrovnávanie uvedených morfoštruktúr. Na pleistocénnu až súčasnú aktivitu podtatranského zlomu a k nemu pridružených porúch poukazuje aj porušenie staropleistocénnej akumulácie, deštrukcia riečnej siete v predpolí Tatier, výskyt minerálnych prameňov a výrony CO<sub>2</sub> [38].

Epicentrá pri Košiciach a Prešove sú na styku Košickej kotliny so Slovenským rudohorím, resp. Šarišskou vrchovinou. Košická kotlina má tektonicko-erózný pôvod a vznikla etapovite v závislosti od tektonickej mobility územia v priebehu neogénu. Mocnosť sedimentárno-vulkanogénnej výplne kotliny dosahuje vyše 2000 m [12]. Jej vývoj ovplyvňovali poruchy karpatského, hornádskeho a v najmladšom období i smeru Z—V. V hornádskej a toryskej časti kotliny sa výraznejšie uplatňujú zlomové poruchy smeru S—J, ktoré sa odrážajú aj v povrchovej vývrstvenosti. Na poruchách tohto smeru sú založené hlavnejšie toky kotliny, ako Hornád, Torysa a Olšava. Zo štúdia riečnych terás a periglaciálnych náplavových kužeľov usudzujeme na nerovnomerné pohyby v kvartérnom období, čo vyplýva najmä z konvergenie terás Hornádu južne od Košíc, z deformácií periglaciálnych náplavových kužeľov v doline Sekčova pri Prešove a tiež z recentných poklesov v priekopovej prepadline bodvianskeho výbežku kotliny. Súčasné poklesy v Košickej kotline boli doložené aj opakovanými niveláciami [28].

Epicentrá pri Prešove a Košiciach sa vyskytujú na severojužnom hornádskom zlomovom systéme, ktorý oddeľuje poklesávajúcu východoslovenskú neogénnu oblasť od stabilnej oblasti Slovenského rudohoria. Na mape úplných Bouguerových anomálií a na odvodených mapách regionálnych anomálií tiažového poľa ešte pri polomere vystriedenia 4 km sa táto zóna prejavuje znač-

ným gradientom  $\Delta g$ . Na základe analýzy tiažového poľa i výsledkov seizmických meraní usudzujeme, že hĺbkový dosah zlomu je do 5 km. Hornátsky zlomový systém tvorí tiež rozhranie medzi zvýšenými hodnotami tepelného toku v oblasti Košickej kotliny a nižšími hodnotami vo východnej časti Slovenského rudohoria. Jeho aktivita sa výrazne prejavuje v neogéne a predlžuje sa aj v kvartéri. Epicentrum pri Košiciach je na križovaní hornádskeho zlomu so zlomovým systémom SV—JZ, označovaným ako košicko-rudabanský zlom. Prebieha od Košíc do oblasti Turňa nad Bodvou a ďalej pokračuje na maďarskú stranu, kde je potvrdený geologicky a geofyzikálne. Na našom území sa prejavuje zreteľnou narušenosťou tiažového a magnetického poľa. Z rozboru transformovaných máp regionálnych tiažových anomálií pre rôzne polomery vystriedenia predpokladáme, že táto porucha pokračuje do hĺbky viac ako 10 km. Na ňu viazané intenzívne magnetické anomálie (ca 500 gama), sú vyvolané ultrabázickými telesami. Niektoré prejavy charakteru a intenzity gravitačného i magnetického poľa nasvedčujú pokračovaniu tohto zlomu smerom na SV od Košíc do okolia Veľkej Domaše.

Epicentrum pri Prešove je v blízkosti križovania hornádskeho zlomu so zlomom smeru JZ—SV, ktorý prebieha južne od Lučenca cez Rimavskú Sobotu, oblasť Plešivca, Rožňavy, ku Prešovu a označujú ho ako plešivecký zlomový systém [J. Plančár a kol. [47]. Jeho priebeh smerom na SV podľa gravimetrických máp pokračuje cez Giraltovcu k Stropkovu. Na základe analýzy máp regionálnych i reziduálnych anomálií tiažového poľa predpokladáme, že táto zóna predstavuje rozhranie hustoty v hĺbke. Od Balážskych Ďarmôt po Rimavskú Sobotu poruchu sprevádzajú ultrabázické a čiastočne bázické telesá; od Rimavskej Soboty po Prešov predovšetkým bázické a čiastočne ultrabázické telesá. Z geologického hľadiska funkcia tohto geofyzikálneho rozhrania sa nedá vysvetliť v plnom rozsahu. V severovýchodnej časti ohraničuje hlbinné bázické teleso [juhozápadne od Prešova] a mezozoický chrbát [severovýchodne od Prešova]. Niekoľko km od Prešova uvedená porucha križuje hlbinný zlom pozdĺž bradlového pásma.

Ďalšie epicentrá na východnom Slovensku sa vyskytujú pri Giraltovcach, Veľkej Domaši, Vranove a pri Humennom.

Zemetrasenie pri Giraltovcach sa vyskytuje v Giraltovskej kotline a pri Veľkej Domaši v doline Ondavy. Celá oblasť je po geologickej a geomorfologickej stránke jednoduchšia a nachádza sa v prostredí magurského flyša na styku čerchovskej a račianskej jednotky. V neotektonickom období územie bolo vzdvihnuté o 200—600 m. Podľa doterajších výskumov sa tu nezistili výraznejšie rozdiely v intenzite recentných pohybov. Je to prechodná oblasť medzi poklesmi na J [do  $-0,5$  mm/rok] a zdvíhmi na S  $+0,5$  mm/rok] [28]. Obidve epicentrá sa nachádzajú na južnom okraji beskydsko-bukovského bloku, sú v zóne, kde Moho-diskontinuita prudko poklesáva smerom na S. Z tektonického hľadiska uvedené zemetrasenia možno dávať do súvislosti aj s križovaním hlbinného zlomu, ktorý prebieha južným okrajom bradlového pásma s plešiveckým zlomovým systémom a tiež košicko-rudabanským zlomom, ktorý pokračuje od Košíc k Veľkej Domaši. V týchto miestach prebiehajú aj severojužné kôrové zlomy, ktorých povrchové prejavy sú v doline Tople, Ondavy a Laborca.

Epicentrálna oblasť Humenné—Vranov sa vyznačuje výraznými morfoštruktúrami hrasťového typu (Humenské vrchy, Vihorlat, Nízke Beskydy) a rozdielnymi geologickými jednotkami. Charakteristickou je Humenská kotlina tekto-

nicko-erózneho pôvodu, ktorá je založená v bradlovom pásme na styku s mezozoikom Humenských vrchov, vonkajšieho flyša Nízkyh Beskýd a napokon aj neovulkanitmi Vihorlatu. Do kotliny pri Modrej nad Čirochou zasahujú aj neogénne sedimenty ako relikty Východoslovenskej neogénnej panvy, kde v staršom neogéne prebiehal styk medzi Východnými Karpatmi a poklesávajúcou oblasťou Východoslovenskej nížiny. Vyzdvihnutím Humenských vrchov i Vihorlatu koncom pliocénu a v kvartéri kotlina nadobudla dnešný rozsah. O mladých zdvihoch v epicentrálnej oblasti svedčí aj anteedentná dolina Laborca cez Humenské vrchy — Brekovská brána a výskyt nízkych a stredných terás v laboreckom výbežku Východoslovenskej nížiny. Výrazný je tektonický styk hrastovej štruktúry Humenských vrchov pozdĺž zlomov smeru SZ—JV so susednými morfoštruktúrami. V širšej oblasti Humenskej kotliny sa vyskytujú poruchy aj ďalších smerov, najmä SV—JZ a S—J, ktoré sa prejavujú morfológicky. Ide teda o poruchy oživované v kvartérnom období. Avšak zo seizmotektonického hľadiska značný význam majú poruchy smeru SZ—JV, pozdĺž ktorých prebieha hranica medzi horskou oblasťou Východných Karpát a neogénnou depresiou, kde mocnosť morských, jazerných a vulkanogénnych sedimentov dosahuje cez 5000 m [12]. V oblasti Humenného hlavnou seizmotektonickou zónou je hlbinný zlom pozdĺž bradlového pásma, čo potvrdzujú aj výsledky zo susedného Zakarpattia [13, 14]. Ide o poruchu staršieho založenia, ako sú zlomy, pozdĺž ktorých nastala vulkanická činnosť v Slanských vrchoch a vo Vihorlate. Ich seizmotektonický význam v porovnaní s hlbinným zlomom je značne menší, čo potvrdzuje aj skutočnosť, že doposiaľ v masíve Vihorlatu a v Popričnom sa nelokalizovali epicentrá zemetrasení. A. Zátapek [53], A. Réthly [48] situovali epicentrá na západnom, resp. na južnom okraji Vihorlatu. Epicentrum na južnom okraji Vihorlatu pri Jovse môže mať súvislosť s križovaním porúch smerov SV—JZ a SZ—JV, pozdĺž ktorých bolo pohorie vo vrchom pliocénu a kvartéri vyzdvihnuté nad svoje okolie. V súvislosti so zemetrasnou činnosťou v oblasti Vihorlatu možno s veľkou pravdepodobnosťou dať do súvisu aj vznik veľkých zosunových polí nad Sninskými Hámrami a v doline Okny, ktoré viedli k zahradeniu doliny a k vzniku jazera Morské oko. Recentné vertikálne pohyby sú tu značne kontrastné. Humenská kotlina sa vyznačuje intenzívnejšími poklesmi a susedné morfoštruktúry relatívnymi zdvihmi.

Obraz anomálií gravitačného poľa je v týchto miestach zložitý, zvyrazňuje značnú diferenciaciu hustôt hornín a horninových komplexov spomínaných geologických jednotiek. Podobne aj intenzita magnetického poľa je veľmi rozdielna. Podľa kvalitatívnej interpretácie tiažových anomálií i analýzy magnetických máp sa stanovili výraznejšie poruchové zóny v predterciálnom podloží [12]. Zlomy, o ktorých predpokladáme, že môžu mať vzťah k uvedeným epicentrám, sú vyznačené na prílohe 1. Z nich sa javia najvýraznejšie poruchy smeru SZ—JV, ohraničujúce bradlové pásmo z J a tiež čiastočne ponorenú morfoštruktúru Humenských vrchov. Severojužným smerom prechádza systém zlomov cez Slanské vrchy a západným okrajom Východoslovenskej nížiny. Na transformovaných gravimetrických mapách sa prejavujú ešte pri  $r = 12$  km. Na základe interpretácie gravimetrických dát a výsledkov seizmických meraní usudzujeme, že ide o systém zlomov zasahujúcich do spodnej časti zemskej kôry, resp. do Moho-diskontinuity. Viaceré zlomy smeru SV—JZ sa zistili aj v predterciálnom podloží, avšak podľa doterajších geofyzikálnych interpretácií ich presnejší priebeh nebol jednoznačne určený. O zemetraseniach v prilieha-



júcej oblasti Východoslovenskej neogénnej panvy možno konštatovať, že epicentrá pri Prešove a Košiciach sa nachádzajú na západnom okraji a pri Vranove i Humennom na severnom okraji východoslovenského bloku. Epicentrá pri Giraltovciach a Veľkej Domaši sa vyskytujú na južnom okraji beskydsko-bukovského bloku. Spomínané zemetrasenia sú rozložené v zónach, ktoré predstavujú prechodné pásma medzi zvýšenými a zníženými hodnotami tepelných tokov, ako aj medzi rozdielnymi recentnými pohybovými tendenciami.

#### VZŤAH MAKROSEIZMICKÝCH PREJAVOV K AKTÍVNYM ZLOMOM A MORFOŠTRUKTÚRAM

Pri geomorfologickom posúdení makroseizmických prejavov sme využili údaje o zemetrasných pozorovaniach od najstarších čias až do roku 1974 [18, 4].

Z korelácie výsledkov morfoštruktúrnych analýz o výskyte a priebehu zlomových porúch neotektonického založenia s mapou makroseizmických pozorovaní vyplýva, že rozloženie jednotlivých zemetrasných pozorovaní je viazané na úpätie morfoštruktúr, ktoré sa nachádzajú v blízkosti epicentrálnych oblastí a tiež pozdĺž riečnych dolín, čo potvrdzuje názory geomorfológov o zlomovom ohraničení väčšiny morfoštruktúr a tiež o tektonickej predispozícii, resp. tektonickom založení riečnych dolín (E. Mazúr [41, 41, 43], M. Lukniš [37, 38], M. Lukniš, E. Mazúr [35], J. Kvitkovič, M. Lukniš, E. Mazúr [26], J. Karniš, J. Kvitkovič [22], J. Kvitkovič [30], J. Kvitkovič, J. Plančár [31]).

Značná koncentrácia makroseizmických pozorovaní intenzity až do 8° MCS [5] sa prejavuje po západnom a východnom okraji hrasťového pohoria Malých Karpát, pričom z východnej strany sa vyskytujú zemetrasné pozorovania pozdĺž 3 paralelných línií, ktoré sa prejavujú aj morfológicky. Prvá najvýraznejšia prechádza po úpätí Malých Karpát, druhá prebieha na spojnici Podunajské Biskupice—Budmerice—Boleráz—Horná Krupá a tretia pokračuje od Tomášova cez Senec, Biely Kostol do okolia Veľkých Kostolian. Po morfológickej stránke druhá línia predstavuje ohraničenie úpätných depresí z juho-východnej strany a tretia tvorí hranicu medzi pahorkatinným a rovinným stupňom nížiny. Tieto línie sa zistili aj geologicky, prejavujú sa zreteľne aj na gravimetrických mapách a zvyrazňujú stupňovité ponáranie Malých Karpát pod neogénne sedimenty Podunajskej nížiny. Na recentnú aktívnosť zlomových porúch na úpätí Malých Karpát sa poukázalo v morfológických štúdiách, najmä na základe analýzy priamočiarych zlomových svahov vo vzťahu k Podunajskej a Záhorskej nížine, z rozdielneho vývoja náplavových kuželov na príslušných kryhách a z výsledkov štúdia recentných vertikálnych pohybov [27, 45, 50]. Túto interpretáciu celkom potvrdzujú makroseizmické prejavy.

Ďalšia väčšia koncentrácia makroseizmických pozorovaní sa vyskytuje takmer pozdĺž celej doliny Váhu, a to od Komárna až po Liptovský Hrádok. Intenzívnejšie prejavy a tiež ich početnosť sú viazané na severné ukončenie hrasťového pohoria Malých Karpát, na širšie okolie epicentier pri Trenčianskych Tepliciach a Žiline, ako aj na styk Chočských vrchov s Liptovskou kotlinou. Osobitne treba zdôrazniť intenzívne makroseizmické prejavy (5—6 °MCS) pozdĺž západného okraja Považského Inovca a v bradlovom úseku doliny Váhu. Makroseizmické prejavy možno dávať do súvislosti s aktívnymi poruchami

pozdĺž Váhu, ktoré oddeľujú mobilné kryhy i v súčasnosti. Toto konštatovanie vyplýva jednak z rozdielnej hrúbky kvartérnych sedimentov v stredovážskych kotlinách a jednak z rozdielnych intenzít recentných vertikálnych pohybov doliny Váhu i susedných morfoštruktúr, ako aj z väčšieho množstva výskytu minerálnych prameňov, čo by nasvedčovalo, že dolina Váhu, najmä na dolnom a strednom toku, má tektonické založenie.

Na tektonickú predispozíciu dolín prevažne smeru SZ—JV na Hronskej tabuli, ako aj na zmeny riečnej siete Nitry a Žitavy na ich dolných tokoch v dôsledku mladých poklesov sa poukázalo na základe geomorfologického mapovania [26]. S týmito poznatkami súhlasia aj závery L. Loydu [34], ktorý z výsledkov opakovaných nivelačných meraní v Podunajskej nížine, na Kysuciach a v ďalších oblastiach ČSSR podal dôkazy o tektonickom klesaní dna riečnych dolín. Napríklad za desaťročie 1953—1963 podľa nameraných hodnôt nastal v profile Trnava—Nitra pokles dna dolín pri Trnávke, Krupanskom potoku, Blave, Váhu, Andáči, Nitre o 10—20 mm. Zaujímavá je však skutočnosť, že zálomy kriviek v profiloch nivelačných meraní korelujú vždy s dolinami. Tieto nové názory potrebujú ešte ďalšie doplňujúce štúdie.

Zvlášť treba upozorniť na väčšie nahromadenie zemetrasných účinkov pozdĺž Račianky, Vavrínky v Žilinskej kotline, ako aj pozdĺž Kysuce, ktoré sú viazané na epicentrá pri Žiline. Z komplexnej analýzy predpokladáme, že dolinami týchto riek prebiehajú aktívne zlomové poruchy.

Pomerne veľký výskyt makroseizmických pozorovaní s intenzitou 4—6 °MCS sa prejavuje v doline Nitry, Hrona, Ipľa i jeho bočných prítokov, a to najmä v Ipeľskej a Lučenskej kotline. Nie je vylúčené, že doliny uvedených riek v Podunajskej nížine sú založené na recentných poruchových zónach.

Značné sústredenie zemetrasných výskytov je v doline Hrona, najmä medzi Banskou Bystricou a Breznom. Usudzujeme, že na dolnom a strednom toku Hrona, ako aj v doline Turca zemetrasné prejavy sú viazané na regionálne zlomy smeru S—J. V Horehronskom podolí seizmické prejavy možno dávať do súvislosti so zlomovým systémom smeru Z—V, ktorý oddeľuje morfoštruktúry Nízkych Tatier a Slovenského rudohoria. V týchto miestach sa vyskytuje značný počet minerálnych prameňov a zistili sa tu aj pomerne veľké rozdiely v recentných pohybových tendenciách (1,5 mm/rok). Horehronské podolie sa na gravimetrických mapách prejavuje značným nahustením izanomál  $\Delta g$ , ktoré možno sledovať aj pri väčších polomeroch vystriedenia. Z analýzy anomálneho gravitačného poľa v korelácii s novšími geologicko-morfologickými poznatkami predpokladáme, že makroseizmické prejavy na hornom toku Hrona sú odrazom izostatického vyrovnávania medzi relatívnu stabilnou oblasťou Slovenského rudohoria i susednými blokmi fatro-tatranským a kremnicko-štiavnickým [33].

Na Východnom Slovensku najintenzívnejšie a najpočetnejšie makroseizmické prejavy sú sústredené v epicentrálnej oblasti Humenné—Vranov a sú koncentrované najmä v dolinách Ondavy a Tople. Vo Východoslovenskej nížine sa ojedinele vyskytujú s intenzitou 6—7 °MCS., a to počnúc od Strážskeho pozdĺž Laborca k Michalovciam. Rovnako sa zistili na severo-južných zlomových poruchách, ktoré ohraničujú hrasť pozdišovského chrbtu. Uvedené poruchy sú aktívne v kvartéri, pretože pozdĺž nich sa vyvíjal laborecký a ondavský výbežok nížiny, kde fluviálna akumulácia dosahuje 4—45 m [22]. Vývoj mladoholocénnych agradačných valov a výsledky opakovaných nivelácií popri

výskytoch zemetrasení dokladajú ich recentnú aktivitu. Ako sme už uviedli, táto zemetrasná oblasť je viazaná na hlbinný zlomový systém, ktorý oddeľuje východoslovenský blok od beskydsko-bukovského. Zemetrasné prejavy pozdĺž uvedených dolín a zlomových svahov zvýrazňujú aktivitu podružných porúch, ktoré oddeľujú na povrchu čiastkové kryhy a tie, ktoré majú vzťah k hlbšie založeným poruchám v kôre.

Aj v doline Torysy, Popradu a horného toku Hornádu sa pozorovali zemetrasné prejavy, ktoré po korelácii s ďalšími geologicko-morfologickými a geofyzikálnymi výsledkami dávame do súvislosti s aktívnymi poruchami, prebiehajúcimi pozdĺž uvedených dolín a ktoré miestami tvoria tektonický styk jednotlivých morfoštruktúr.

V Rimanskej kotline seizmoaktívne poruchy sa vyskytujú v doline Rimavy, Blhu a Slanej.

Ukazuje sa, že metóda makroseizmickej analýzy môže s ďalšími údajmi priniesť nové poznatky o zlomoch, ktorých recentná funkčnosť nebola predtým známa. Z rozboru máp zemetrasných pozorovaní v korelácii s morfológickými pomermi sa dá konštatovať, že aj sporadicky zaznamenané makroseizmicke prejavy v dolinách riek i na okrajoch morfoštruktúr možno dávať do súvislosti s aktívnymi zlomami.

#### ZÁVER

V príspevku analyzujeme výskyt epicentier a makroseizmickej pozorovaní na Slovensku vzhľadom na vzťah ku geologicko-morfologickým pomerom, vertikálnym recentným pohybom a geofyzikálnym poliam. Z význačnejších poznatkov možno uviesť najmä: epicentrá sa vyskytujú na križovaní alebo v blízkosti križovania zlomov, ktoré zasahujú do Moho-diskontinuity alebo do väčších hĺbok zemskej kôry. Jednotlivé epicentrálne oblasti sa zvyčajne nachádzajú na významných tektonických uzloch, ktoré možno zároveň označiť za seizmotektonické. Hlbinné a kôrové zlomy, ktoré dávame do súvislosti so zemetraseniami, korelujú v značnej miere so seizmotektonickými líniami A. Zátopka [57].

Epicentrá sú sústredené prevažne do okrajových častí blokov alebo krýh, ktoré zároveň tvoria aj rozhranie v intenzite recentných vertikálnych pohybov a tepelných tokov. Zemetrasenia pri Bratislave, Perneku—Pezinku, Dobrej Vode a Trenčianskych Tepliciach sú na západnom okraji podunajského bloku, pri Komárne na západnom okraji panónskeho bloku, pri Žiline a Spišskej Starej Vsi na severnom okraji fatro-tatranského bloku, pri Banskej Bystrici na južnom okraji fatro-tatranského bloku, pri Žiari nad Hronom a Banskej Štiavnici v južnej a juhovýchodnej časti kremnicko-štiavnického bloku, pri Prešove a Košiciach na západnom okraji východoslovenského bloku, pri Humennom a Vranove na severnom okraji východoslovenského bloku, pri Giraltovcich a Veľkej Domaši na južnom okraji beskydsko-bukovského bloku.

Zemetrasné účinky sú vo väčšej časti územia viazané na úpätia morfoštruktúr a dolín, čím zvýrazňujú ich tektonickú predisponovanosť a zároveň poukazujú aj na ich recentnú tektonickú aktivitu.

Makroseizmicke prejavy koncentrované na okrajoch morfoštruktúr (napr. Malých Karpát, Považského Inovca, Tríbeča, Chočských vrchov, Vysokých a Nízkych Tatier, Humenskej kotliny a i.) poskytujú dôležité údaje pre vyčle-

nenie krýh v rámci blokov, ako aj informácie o ich recentnej endogénnej mobilite.

Epicentrálne oblasti sa spravidla vyznačujú značnou narušenosťou gravitačného a magnetického poľa, avšak ich priama závislosť sa v oblasti Západných Karpát jednoznačne neprejavuje. Interpretácia anomálií tiažového a magnetického poľa veľkou mierou prispela k spresneniu priebehu poruchových zón, ktoré majú alebo môžu mať úzky vzťah k jednotlivým zemetraseniam.

#### LITERATÚRA

1. ADAM, Z., DLABÁČ, M.: Nové poznatky o tektonice Podunajskej nížiny. Věstník ÚÚG, 36, Praha 1961. — 2. BERÁNEK, B., DUDEK, A.: The Results of Deep Seismic Sounding in Czechoslovakia. Zeitschrift für Geophysik, 38, Heft 3, 1972. — 3. BROUČEK, I.: Erdbehen in den Kleinen Karpaten. Contribution of the Geophysical Institute, Bratislava 1969. — 4. BROUČEK, I.: Mapa zemetrasnej činnosti na Slovensku. Mierka 1:1 mil. Archív Geofyzikálneho ústavu SAV, Bratislava 1974. — 5. BROUČEK, I.: Mapa maximálnej intenzity zemetrasení na Slovensku. Mierka 1:1 mil. Archív Geofyzikálneho ústavu SAV, Bratislava 1975. — 6. BROUČEK, I., PROCHÁZKOVÁ, D.: Map of Seismic activity for Czechoslovakia. Archív Geofyzikálneho ústavu SAV, Bratislava 1976. — 7. BROUČEK, I., PROCHÁZKOVÁ, D., GUTERCH, B., LEWANDOVSKÁ, H., CSOMOR, D., DRIMEL, J.: Map of maximum intensity of Czechoslovakia, Poland, Hungary and Austria. Archív Geofyzikálneho ústavu SAV, Bratislava 1976. — 8. BUDAY, T.: Nafta a plyn v československých Karpatoch. Praha 1961. — 9. BUDAY, T., DUDEK, A., IBRMAJER, J.: Niektoré výsledky interpretácie gravimetrické mapy ČSSR v mierku 1:500 000. Sbor. geol. věd, Ř. UG, 8, Praha 1969. — 10. ČEPEK, L.: Tektonika komárenských kotliny a vývoj podélného profilu čs. Dunaje. Sborník Štát. geol. úst. ČSR, 12, 1938.
11. EZ, V. V.: O tektoničeskich uslovijach vznikovenija siľnych zemletrjasenij v československich Karpatach. Izvestija akademii nauk SSSR, serija geofizičeskaja, 2, Moskva 1964. — 12. FUSÁN, O. a kol.: Geologická stavba podložia zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. Zborník geologických vied, Západné Karpaty, 15, 1971. — 13. GOFŠTEJN, I. D.: Sejsmotektonika Zakarpatja. Doklady AN SSSR, 148, 3, Geologija, Moskva 1963. — 14. GOFŠTEJN, I. D.: Neotektonika Karpat. Izd. AN USSR, Kijev 1964. — 15. HROMÁDKA, J.: Zemepis okresu bratislavského a malackého. Vlastivedný sborník okresu bratislavského a malackého, II, Bratislava 1935. — 16. KALDROVITŠ, J.: Seizmická aktivita na území východného Slovenska. Technický obzor slovenský s prírodovedeckou a elektrotechnickou prílohou, 6, Bratislava 1942. — 17. KALDROVITŠ, J.: Mapa tepelných tokov Slovenska. Mierka 1:1 mil. Archív Geofyzikálneho ústavu SAV, Bratislava 1974. — 18. KÁRNÍK, V., MICHAL, E., MOLNÁR, A.: Erdbebenkatalog der Tschechoslowakei bis zum Jahre 1956. Práce Geofyzikálního ústavu ČSAV, 69, Geofyzikální sborník 1957, Praha 1958. — 19. KÁRNÍK, V.: Neue seismische Karten der Tschechoslowakei. Travaux de l'Inst. Géophys. de l'Acad. Tchecosl. Sci., 88, Geofyzikální sborník 1958, NČSAV, Praha 1959. — 20. KÁRNÍK, V.: Die Seismizität der Kleinen Karpaten. Travaux de l'Inst. Géophys. de l'Acad. Tchecosl. Sci., 109, Geofyzikální sborník 1958, NČSAV, Praha 1960.
21. KÁRNÍK, V.: Die Seismizität der Westkarpaten. Travaux de l'Inst. Géophys. de l'Acad. Tchecosl. Sci., 134, Geofyzikální sborník, Praha 1961. — 22. KARNIŠ, J., KVIŤKOVIČ, J., Prehľad geomorfologických pomerov východného Slovenska. SPN, Bratislava 1970. — 23. KOLÁČEK, F.: Karpatská zemětřesení na půdě republiky Československé. Spisy přír. fak. M. univ., 6, Brno 1921. — 24. KOLÁČEK, F.: Zemětřesná mapa Československa. Sborník vědních prací věnovaných prof. V. Švamberovi, Praha 1926. — 25. KOPECKÝ, A.: Hlavní rysy neotektoniky Československa. Sborník geologických věd, Antropozoikum, řada A, 6, 1972. — 26. KVIŤKOVIČ, J., LUKNIŠ, M., MAZÚR, E.:

Geomorfológia a kvartér nížin Slovenska. Geogr. Čas., 8, 2—3, Bratislava 1956. — 27. KVITKOVIČ, J., VANKO, J.: Štúdium súčasných pohybov zemskej kôry na Slovensku. Geogr. Čas., 23, 2, Bratislava 1971. — 28. KVITKOVIČ, J., VANKO, J.: Recent crustal movements in the region of Eastern Slovakia. Geogr. Čas., 24, 2, Bratislava 1972. — 29. KVITKOVIČ, J.: Recentné pohyby zemskej kôry v oblasti východného Slovenska a ich morfológická interpretácia. Sborník Výzkum hlubinné geologickej stavby Československa. Smolenice 1973. — 30. KVITKOVIČ, J.: Movement tendencies of the West Carpathians in the Quaternary. Tectonophysics, 29, Amsterdam 1975.

31. KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J.: Analýza morfoštruktúr z hľadiska súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k hlbínnej geologickej stavbe Západných Karpát. Geogr. Čas., 27, 4, Bratislava 1975. — 32. KVITKOVIČ, J., VANKO, J.: Mapa recentných vertikálnych pohybov zemskej kôry na Slovensku. Archív Geografický ústav SAV, Bratislava 1976. — 33. KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J., VYSKOČIL, V.: The Isostatic Conditions in Relation to the Recent Vertical Movements of the Earth's Crust in the West Carpathians. Geogr. Čas., 28, 2, Bratislava 1976. 34. LOYDA, L.: The tectonic origin of river valleys and its geodetic investigation. Rozpravy Československej akadémie vied, Řada matematických a prírodných vied, 86, sešit 11, 1976. — 35. LUKNIŠ, M., MAZÚR, E.: Súčasný stav a novšie výsledky geomorfologického výskumu Slovenska. Geogr. Čas., 8, 2—3, Bratislava 1956. — 36. LUKNIŠ, M., MAZÚR, E.: Geomorfologické regióny Žitného ostrova. Geogr. Čas., 11, 3, Bratislava 1959. — 37. LUKNIŠ, M.: Pozostatky starších povrchov zarovnávania reliéfu v československých Karpatoch. Geogr. Čas., 16, 3, Bratislava 1964. — 38. LUKNIŠ, M.: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Bratislava 1973. — 39. MAHEL, M. a kol.: Regionální geologie ČSSR, II, Západní Karpaty, zv. 1, Academia, Praha 1967. — 40. MARČÁK, P. a kol.: Správa o doterajších výsledkoch riešenia úlohy Výskum recentných pohybov zemskej kôry. Výskumný ústav geodézie a kartografie, Bratislava 1975.

41. MAZÚR, E.: Žilinská kotlina a priľahlé pohoria (Geomorfológia a kvartér). Bratislava 1963. — 42. MAZÚR, E.: Kotliny ako význačný prvok reliéfu Slovenska. Geogr. Čas., 16, 2, Bratislava 1964. — 43. MAZÚR, E.: Major features of the West Carpathians in Slovakia as a result of young tectonic movements. Geomorphological Problems of Carpathians. Bratislava 1965. — 44. MAZÚR, E.: Morphostructural features of the West Carpathians. Geogr. Čas., 28, 2, Bratislava 1976. — 45. MAZÚR, E., KVITKOVIČ, J.: Mapa kvartéru Slovenska. Archív Geografického ústavu SAV, Bratislava 1976. — 46. MAZÚROVÁ, V.: Príspevok k poznaniu dunajských terás v Devínskej bráne. Geogr. Čas., 25, 2, Bratislava 1973. — 47. PLANČÁR, J. a kol.: Geofyzikálna a geologická interpretácia tiažových a magnetických anomálií v Slovenskom rudohorí. Západné Karpaty, séria Geológia 2. Geologický ústav D. Štúra, Bratislava 1977. — 48. RÉTHLY, A.: A karpátmedencék földregései [455—1918]. Budapest 1952. — 49. SOBAKAR, G. T., SOMOR, V. S., KUZNECOVA, V. G.: Sovremennaja dinamika i struktura zemnoj kory Karpat i prilégajščich territoriji. Izd. Naukova dumka, Kijev 1975. — 50. URBÁNEK, J.: Malé Karpaty a priľahlá časť Podunajskej nížiny v oblasti Jur-Pezinok. Náuka o Zemi, seria Geographica, Bratislava 1966.

51. VYSKOČIL, V.: Příspěvek ke studiu současných tektonických pohybů na Slovensku. Věstník Ústředního ústavu geologického, 31, 1, Praha 1956. — 52. VYSKOČIL, V., KOŽÍŠKOVÁ, M.: Maps of izostatic correstions of territory of Czechoslovakia. Geofys. sborník, 179, Praha 1963. — 53. ZÁTOPEK, A.: Zeměřetná pozorování na Slovensku a býv. Podkarpatské Rusi 1923—1938. Publikace Geofysikálního ústavu v Praze, spec. práce, 2, 1940. — 54. ZÁTOPEK, A.: Šíření východoalpských zeměřetení českým masivem. Publ. Čs. st. geofys. ústavu, spec. práce, 3, Praha 1948. — 55. ZÁTOPEK, A.: Seismická charakteristika Československa. Sborník Čs. spol. zeměpisné, 61, 2, Praha 1956. — 56. ZÁTOPEK, A.: Die seismische Karte der Tschechoslowakei. Travaux Géophysiques (Geofysikální sborník, 70, 1957), Praha 1958. — 57. ZÁTOPEK, A.: Les relation séismo-tectoniques dans les Carpathes occidentales. Práce Geofysikálního ústavu ČSAV, 135, Geofysikální sborník 1960, Praha 1961.

## RECENT VERTICAL MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST IN RELATION TO THE EARTHQUAKES AND SEISMOACTIVE FAULTS IN THE WEST CARPATHIANS

In the contribution, the occurrence of epicentres and macroseismic observation in Slovakia in relation to geologico-morphological conditions, to vertical recent movements and to geophysical fields are analyzed. Of the major findings especially the following may be stated:

The epicentres occur in the crossing or in proximity to the crossing of faults reaching into the Moho-discontinuity or deeper in the earth's crust. The individual epicentral areas are usually found in significant tectonic nodes, which may, at the same time, be denoted as seismotectonic nodes. The subsurface and crust faults, which are being given with the earthquakes, correlate well with A. Zátópek's seismotectonic lines [57].

The epicentres are concentrated predominantly in border parts of the blocks, which represent, at the same time, also a turn in the intensity of recent vertical movements and heat flows. Earthquakes near Bratislava, Pernek to Pezinok, Dobrá Voda and Trenčianske Teplice are found at the western fringe of the Danube block; those near Komárno at the western fringe of the Pannonia block; those near Žilina and Spišská Stará Ves at the northern fringe to the Fatro-Tatran block; near Banská Bystrica at the southern fringe of the Fatro-Tatran block; near Žiar nad Hronom and Banská Štiavnica at the southern and south-eastern parts of the Kremnica—Štiavnica block; near Prešov and Košice at the western fringe of the east-Slovakian block; near Humenné and Vranov at the northern fringe of the east-Slovakian block; near Giraltovece and Veľká Domaša at the southern fringe of the Beskydy—Bukovský block.

The earthquake effects, in a major part of the territory, are bound with the feet of morphostructures and valleys, wherewith they emphasize their tectonic predisposition and at the same time they point out also their recent tectonic activity.

The macroseismic phenomena concentrated at the fringes of morphostructures (for instance at those of the Malé Karpaty, Považský Inovec, Trábeč, Chočské Vrchy, Vysoké Tatry, and Nízke Tatry Mountains as well as the Horehronské Podolie Lowering, the Humenská Kotlina Basin, the Vihorlat Mts and others) provide with important data to delimitate lesser blocks within larger ones as well as information of their recent endogenic mobility.

The epicentral areas, as a rule, are noted for a considerable disturbance of gravitation and magnetic fields. Their direct dependence within the West Carpathians, however, does not manifest itself unambiguously. Interpretation of the anomalies of gravitation and magnetic fields has contributed to a large degree in precisioning the course of disturbance zones, which are or may closely be connected with the individual earthquakes.

Map 1. Seismoactive faults in the West Carpathians. 1 — subsurface seismoactive fault at the boundary between the inner and outer West Carpathians, 2 — Subsurface and crustal seismoactive faults, 3 — Maximally observed intensity in MCS scale [after I. Brouček 1975], 4a — The epicentres of the earthquakes in 1400—1800, 4b — The epicentres of the earthquakes in 1800—1972 [after I. Brouček 1974], 4c — values of the magnitudes [ $M_0$ ] of macroseismic data evaluated according to V. Kárník's formula, 5 — Danube block, 6 — Pannonia block, 7 — South-Slovakian block, 8 — East-Slovakian block, 9 — Fatro-Tatra block, 10 — Kremnica—Štiavnica block, 11 — Beskydo-Bukovský block, 12 — Moravia-Slovakian block, 13 — region of the Slovenské Rudohorie, 14 — settlements.

From the Slovak translated by A. K r a j č í r

## СОВРЕМЕННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ОТНОШЕНИИ К ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМ И СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫМ РАЗЛОМАМ В ЗАПАДНЫХ КАРПАТАХ

В статье производится анализ наличия эпицентров и макросейсмических наблюдений в Словакии по отношению к геолого-морфологическим условиям, современным вертикальным движениям и геофизическим полям. Среди наиболее значительных сведений следует упомянуть:

Эпицентры встречаются в местах или вблизи мест перекрещивания разломов затрагивающих Мохо-прерывистость или более значительные глубины земной коры. Отдельные области эпицентров, как правило, находятся в местах более крупных тектонических узлов, которые ввиду этого можно назвать сеймотектоническими узлами. Глубинные разломы и разломы земной коры, к которым относятся землетрясения, хорошо совпадают с сеймотектоническими линиями А. Затопека [57].

Эпицентры преимущественно сосредоточены по окраинам блоков или глыб, которые одновременно образуют предел в интенсивности современных вертикальных движений земной коры и теплотных потоков. Землетрясения вблизи населенных пунктов Братислава, Пернек-Пезинок, Добра Вола и Тренчанске Теплице находятся в западной окраине придунайского блока; вблизи г. Комарно в западной окраине паннонского блока; вблизи г. Жилина и Спишска Стара Вес в северной окраине фатро-татранского блока; вблизи г. Банска Бистрица в южной окраине фатро-тагранского блока; вблизи г. Жиар над Гроном и Банска Штиавница в южной и юго-восточной части кремнишко-штиавницкого блока; вблизи г. Прешов и Кошице в западной части восточно-словацкого блока; вблизи г. Гуменне и Врашов в северной окраине восточно-словацкого блока; вблизи г. Гиралтовце и Велька Домаша в южной окраине бескидско-буковского блока.

Действия землетрясений, главным образом, приурочены к подножью морфоструктур и к долинам. Это подтверждает их тектоническое основание и, одновременно, указывает на их современную тектоническую активность.

Макросейсмическая деятельность, сосредоточенная по краям морфоструктур (например: Малые Карпаты, Поважский Иновец, Трибеч, Хочские горы, Высокие и Низкие Татры, Верхне-гронская долина, Гуменская котловина, Вигорлаг и др.) предоставляет ценные данные для ограничения глыб в пределах блоков, а также информации о их современной эндогенной мобильности.

Области эпицентров, как правило, отличаются значительным нарушением гравитационного и магнетического полей. Однако, их прямая зависимость в области Западных Карпат однозначно не проявляется. Интерпретация аномалий гравитационного и магнетического полей в значительной степени содействовала уточнению выделения зон нарушения, которые имеют или могли бы иметь тесное отношение к отдельным землетрясениям.

Карта 1. Сейсмоактивные разломы в Западных Карпатах. 1 — глубинный сейсмоактивный разлом на пределе внутренних и внешних Западных Карпат, 2 — глубинные и коровые сейсмоактивные разломы, 3 — максимальная наблюдаемая интенсивность в шкале MCS (согласно И. Броучка 1975), 4а — эпицентры землетрясения в 1400—1800 гг., 4б — эпицентры землетрясений в 1800—1972 гг. (согласно И. Броучка), 4с — величины магнитуд ( $M_{10}$ ) макросейсмических данных полученных по формуле В. Карника, 5 — придунайский блок, 6 — паннонский блок, 7 — южно-словацкий блок, 8 — восточно-словацкий блок, 9 — Фатро-татранский блок, 10 — кремнишко-штиавницкий блок, 11 — бескидско-буковский блок, 12 — моравско-словацкий блок, 13 — регион Словацкого рудогорья, 14 — населенные пункты.

Перевод: Л. Правдова