

původním složením vody na povrchu (v půdách) a pokročilostí interakce voda/kalcit. Krasová voda s volnou hladinou (od povrchu kapky v ústí brčka až po vodné filmy na podlahových sintrech po odkápnutí) byla chápána jako vnější (otevřený) systém. Jeho stav závisel - kromě počátečního složení a pokročilostí interakce voda/kalcit - také na pokročilosti výměny CO₂ mezi vodou a jeskynní atmosférou. Na základě rovnovážných i dynamických modelů (Faimon 2000, nepublikovaná práce) byl vypočítán index nasycení skapových vod ($SI = \log[Q/K]$, kde Q je reakční kvocient a K rovnovážná konstanta), jak z pohledu vnitřního, tak vnějšího systému. Voda vnitřního systému se ve všech případech blížila rovnováze s kalcitem; index nasycení SI se pohyboval od 0,08 do 0,16. Skapová voda ve vnějších podmínkách, tedy "v konfrontaci" s jeskynní atmosférou, byla vesměs značně přesycená ke kalcitu. Index nasycení SI se pohyboval od 0,85 do 2,20.

Na základě výpočtu celkové koncentrace karbonátů ve skapových vodách a po odečtení karbonátových složek pocházejících z rozpouštění kalcitu, byl odhadnut parciální tlak CO₂ v půdách na 10⁻² až 10⁻¹ atm.

Jak je vidět z výsledků modelování, *zatím* nejsou patrna žádná fakta, která by podporovala často vyslovanou hypotézu o chemické příčině koroze "krčků brček", následované opadem. Nebyly zaznamenány žádné

"zvýšené" koncentrace "cizích ionů", které by "významně" ovlivnily chemické rovnováhy v jeskynním systému. Ani v jediném případě nebylo ve vnitřním systému zaznamenáno nenасыcení skapových vod. Nelze tedy předpokládat rozpouštění kalcitu, resp. korozi sintrů "zevnitř". Nebyly ani potvrzeny četné hypotézy o závislosti indexu nasycení vod vnitřního systému na dynamice skapových vod. Bez ohledu na rychlosti skapů, všechny "vnitřní vody" byly blízko rovnováhy.

Na druhé straně bylo zjištěno, že všechny skapové vody *ve styku s jeskynní atmosférou* (vnější systém) jsou výrazně přesyceny ke kalcitu. To je povzbudivý důkaz o pokračujícím růstu sintrů za současných podmínek. Ani mnohonásobně zvýšené koncentrace CO₂ v letních a podzimních měsících nebyly dostatečné ke zvrácení tohoto trendu.

Vzhledem k tomu, že výzkum probíhal jen krátkou dobu (osmiměsíční výsek kalendářního roku), monitoring nemohl postihnout všechny podmínky panující v nadloží v různých ročních obdobích. Z tohoto důvodu zatím nelze vyřknout *definitivní* soudy o příčinách studovaného jevu. Nicméně pokračující výzkum, popřípadě jeho rozšíření i do dalších jeskynních systémů, dává naději, že souvislost mezi vnějšími podmínkami a destrukcí jemných sintrových forem bude objasněna.

Literatura:

Stumm, W. - Morgan J. J. (1981): Aquatic chemistry. - Ed.: J. Wiley & Sons, New York.

White, W.B. (1988): Geomorphology and hydrology of karst terrains. - Ed.: Oxford Univ. Press, New York - Oxford.

TEKTONICKÁ MIKROZEMĚTŘESNÍ REGISTRovaná NA MORAVĚ A VE SLEZSKU V ROCE 2000

Tectonic micro-earthquakes recorded in Moravia and Silesia in the year 2000

Josef Havíř, Jana Pazdírková, Zuzana Skácelová, Zdeňka Sýkorová

Ústav fyziky Země, PřF MU, Tvrdeho 12, 602 00 Brno

Key words: eastern part of the Bohemian Massif, earthquakes, recent tectonic activity

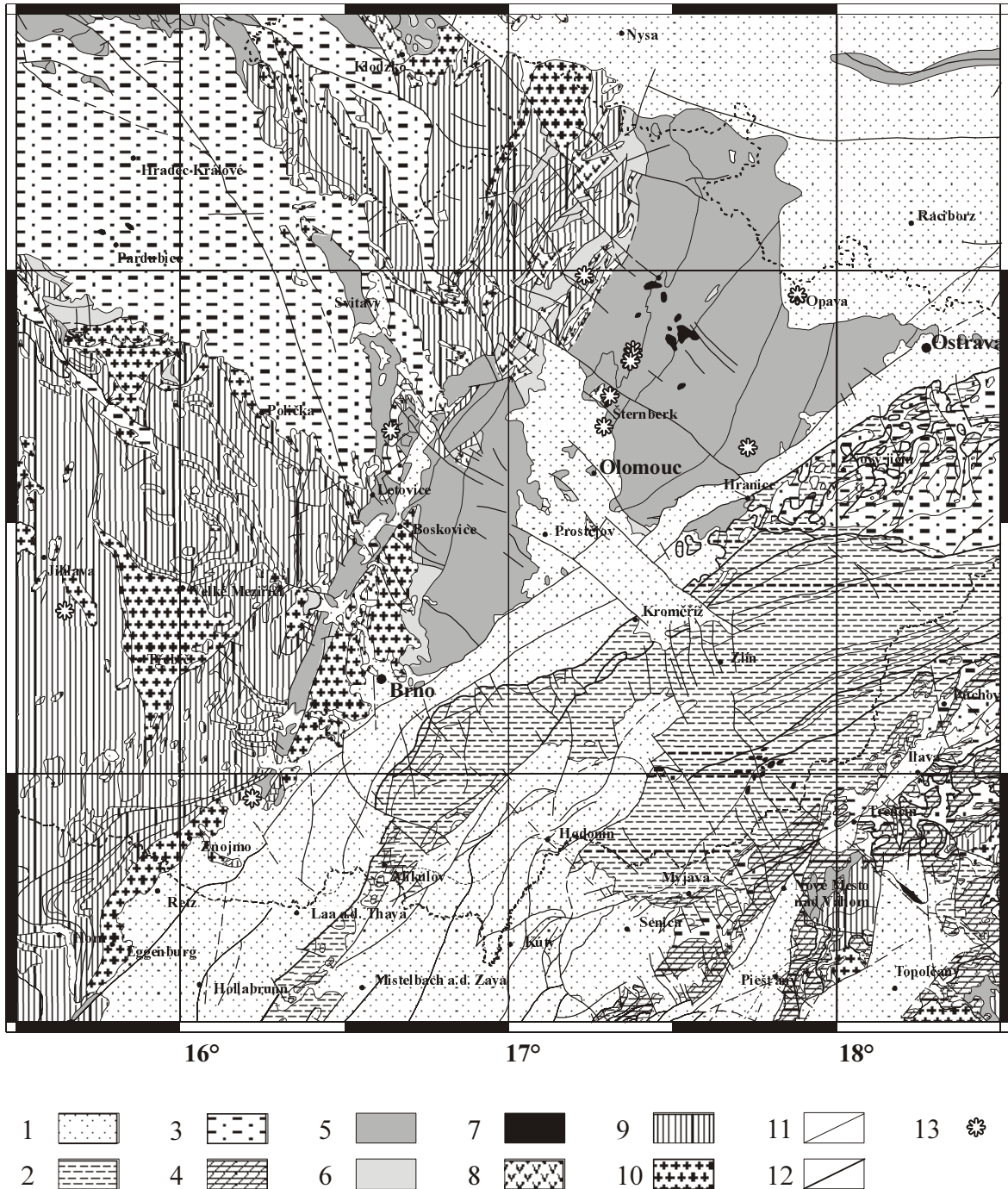
Abstract:

During the year 2000, seismological stations operated by Institute of physics of the Earth recorded 74 weak tectonic micro-earthquakes from the eastern part of the Bohemian Massif, 14 events were located by program HYPO3D. The seismic activity was observed in these regions: region northwards of Šternberk, the Hrubý Jesník region (NW of Rýmařov), vicinity of Opava, southeastern part of the Nížký Jeseník region and vicinity of Hranice, southeasternwards of Svitavy, region near Jihlava and northeasternwards of Znojmo.

Východní okraj Českého masivu se vyznačuje seismickou aktivitou, která se projevuje především v jeho severní části (Holub - Müller 1997, Kaláb et al. 1995,

Skácelová - Havíř 1999). Makroseismické projevy silnějších zemětřesení jsou z minulosti známy z okolí Opavy, Hrubého Jeseníku a na polském území z okolí Opole (např. Holub et

Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000, Brno 2001

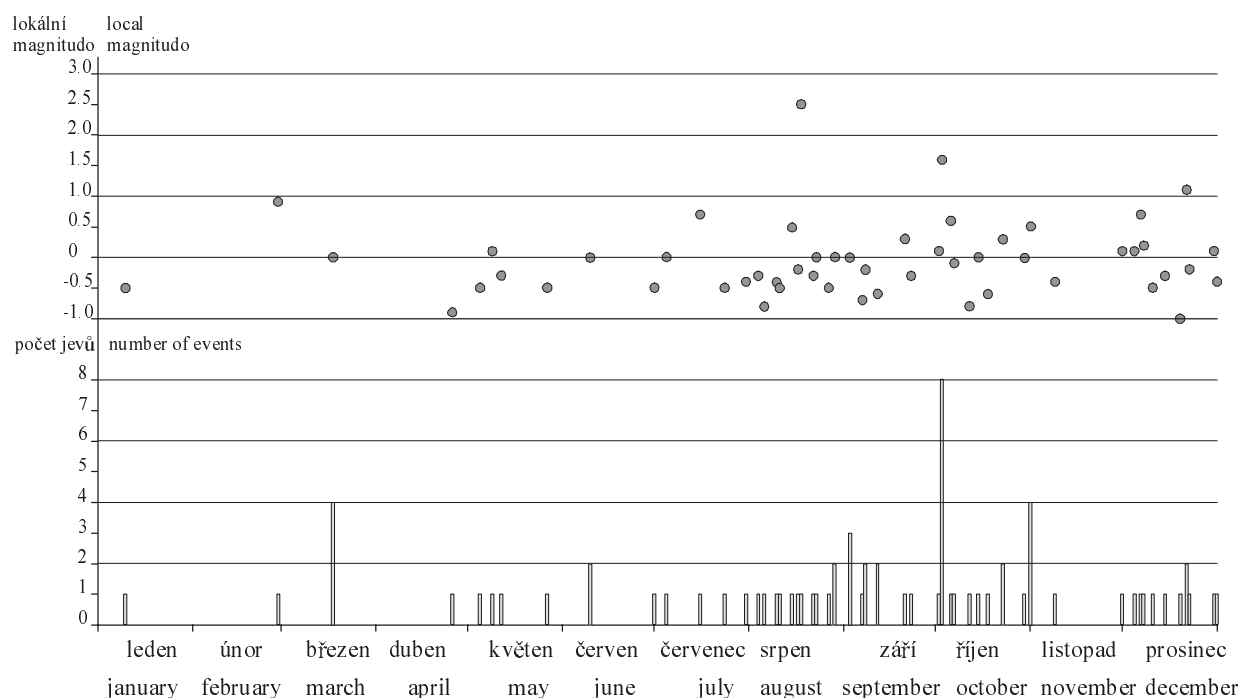


Obr. 1 - Schematické znázornění poloh epicenter čtrnácti lokalizovaných mikrozemětřesení registrovaných v roce 2000 stanicemi ÚFZ na východním okraji Českého masivu. Legenda: 1 - neogén, 2 - paleogén, 3 - křída, 4 - trias a jura, 5 - svrchní paleozoikum, 6 - spodní paleozoikum, 7 - neovulkanity, 8 - paleovulkanity, 9 - metamorfity (ruly, svory, amfibolity, granulity), 10 - granity, diority, 11 - zlomy, 12 - čela příkrovů, 13 - epicentra mikrozemětřesení.

Fig. 1 - Situation of epicenters of 14 located micro-earthquakes recorded by stations (operated by IPE) on the eastern margin of the Bohemian Massif during the year 2000. Legend: 1 - Neogene, 2 - Paleogene, 3 - Cretaceous, 4 - Triassic and Jurassic, 5 - Upper Palaeozoic, 6 - Lower Palaeozoic, 7 - Tertiary to Quaternary volcanic rocks, 8 - paleovolcanics, 9 - metamorphosed rocks (gneiss, mica schist, amphibolite, granulite), 10 - granite, diorite, 11 - faults, 12 - front of nappes, 12 - epicentres of microearthquakes.

al. 1994, Pagaczewski 1972, Schenková et al. 1980). Recentní pohyby v severní části moravskoslezského regionu dokumentují také výsledky opakovaných geodetických měření (Cacoň - Dyjor 1999, Výskočil 1991). V tomto článku jsou stručně shrnuty výsledky registrace projevů recentní

seismické aktivity východní části Českého masivu na stanicích provozovaných Ústavem fyziky Země (PřF MU v Brně) v roce 2000. Kromě seismologických stanic provozovaných na území Moravy a Slezska Ústavem fyziky Země jsou některé tektonické ořesy na východním okraji



Obr. 2 - Počty tektonických otřesů z východního okraje Českého masivu registrovaných v jednotlivých dnech roku 2000 na stanicích provozovaných ÚFZ a jejich maximální lokální magnitudo.

Fig. 2 - Number and maximum local magnitudo of tectonic micro-earthquakes from eastern margin of the Bohemian Massif recorded during each day of the year 2000 by stations operated by IPE.

Českého masivu registrovány také stanicemi provozovanými Ústavem geoniky AV v Ostravě a VŠB - TU v Ostravě.

V průběhu roku 2000 zaregistrovaly stanice provozované Ústavem fyziky Země na východním okraji Českého masivu 74 slabých tektonických otřesů, z toho 14 otřesů bylo možné lokalizovat pomocí programu HYPO3D (viz obr. 1, tab. 1). Některé další tektonické otřesy byly identifikovány na základě rozdílů odečtených časů příchodu seismických fází Pg a Sg a na základě podobnosti vlnového obrazu. Lokální magnitudo nejsilnějšího otřesu bylo 2.5 (tektonický otřes ze sv. okolí Znojma, 17.8.2000), u většiny registrovaných jevů se ale hodnota lokálního magnituda pohybovala mezi -1.0 až 1.0 (viz obr. 2).

Velké množství tektonických otřesů registrovaných na stanicích Ústavu fyziky Země v roce 2000 pocházelo

z epicentrálních oblastí **severně od Šternberka** (celkem 34 jevů). Lokální magnitudo nejsilnějšího z těchto jevů (21.12.2000) bylo 1.1. Některé z otřesů byly velmi slabé a byly zaregistrovány pouze mobilní stanicí Mutkov umístěnou severně od Šternberka. Jako seismicky nejaktivnější epicentrální oblasti jsou v tomto regionu známy oblasti u Rýžoviště a u Břidličné (Havíř et al. 1997). Otřesy z těchto dvou epicentrálních oblastí lze vzájemně spolehlivě rozlišit např. podle typicky rozdílných časových intervalů mezi příchodem vlny Pg a Sg na stanici Mutkov, které jsou pro jevy z okolí Rýžoviště od 1.2 do 1.4 sekundy a pro jevy z okolí Břidličné 1.6 až 1.8 sekundy (viz Havíř 1998). Na tomto základě lze předpokládat, že většina jevů registrovaných z oblasti severně od Šternberka v roce 2000 (včetně slabých otřesů registrovaných pouze stanicí Mutkov) pochází pravděpodobně z epicentrální oblasti

datum	čas vzniku	sev. šířka	záp. délka	magnitudo	identifikace
28.2.2000	14:43:26.5	49.99	17.23	0.9	Rýmařov
8.5.2000	05:35:44.4	49.69	17.29	0.1	Šternberk
15.7.2000	12:36:18.9	49.84	17.38	0.7	Nízký Jeseník
14.8.2000	21:10:37.6	49.32	15.65	0.5	Jihlava
17.8.2000	18:41:16.0	48.95	16.22	2.5	Znojmo
1.10.2000	04:39:16.8	49.68	16.64	0.1	Svitavy
2.10.2000	04:34:59.1	49.95	17.88	1.2	Opava
2.10.2000	04:35:49.3	49.95	17.88	1.6	Opava
5.10.2000	21:10:07.0	49.75	17.31	0.6	Nízký Jeseník
14.10.2000	21:40:49.7	49.83	17.38	0	Nízký Jeseník
22.10.2000	12:35:08.0	49.83	17.38	0.3	Nízký Jeseník
31.10.2000	04:40:55.2	49.65	17.73	0.5	Hranice
6.12.2000	18:41:31.2	49.82	17.37	0.7	Nízký Jeseník
21.12.2000	16:00:26.5	49.82	17.37	1.1	Nízký Jeseník

Tab. 1 - Tabulka 14 lokalizovaných mikrozemětřesení registrovaných v roce 2000 stanicemi ÚFZ na východním okraji Českého masivu.
Tab. 1 - Table of 14 located micro-earthquakes recorded by stations (operated by IPE) on the eastern margin of the Bohemian Massif during the year 2000.

u obce Rýžoviště.

Do **sz. okolí Rýmařova** byl lokalizován otřes z 28.2.2000, jehož lokální magnitudo bylo 0.9. V období 28.8. až 2.9.2000 bylo registrováno dalších pět slabých otřesů s lokálním magnitudem menším než 0, které by mohly také pocházet z okolí Rýmařova či Šumperka.

Série osmi tektonických otřesů ze sz. okolí Opavy byla zaregistrována 2.10.2000. Epicentra dvou lokalizovaných jevů jsou situována zhruba 10 km severně od epicentrální oblasti silnějších (makroseismicky pozorovaných) zemětřesení, registrovaných v roce 1993 (viz Holub et al. 1994). Lokální magnitudo nejsilnějšího otřesu z 2.10.2000 mělo hodnotu 1.6.

Další tektonické otřesy registrované během roku 2000 byly lokalizovány do jv. části regionu Nížkého Jeseníku. Série čtyř otřesů z 31.10.2000 byla registrována z **okolí Hranic na Moravě**, jeden z otřesů byl lokalizován. Jejich epicentra jsou blízka epicentrum jevů ze seismického roje z 9.8.1994 (Kaláb 1994), které byly lokalizovány do j. okolí Hranic (Havíř - Skácelová 1998). Lokální magnituda otřesů registrovaných 31.10.2000 z okolí Hranic nepřesáhla hodnotu 0.5.

Seismická aktivita regionu při severním ukončení **boskovické brázdy** (např. Skácelová et al. 1999) se v roce 2000 projevila pouze jediným slabým otřesem (lokální magnitudo 0.1) zaregistrovaným 1.10.2000, jehož epicentrum bylo lokalizováno do blízkého okolí Jevíčka.

Velmi zajímavé jsou registrace dvou tektonických otřesů z jihovýchodní části východního okraje Českého

masivu.

První otřes byl zaregistrován 14.8.2000, jeho lokální magnitudo dosáhlo hodnoty 0.5. Epicentrum tohoto tektonického otřesu leží 10 km **juv. od Jihlavy**.

Druhý tektonický otřes byl zaregistrován 17.8.2000 a byl lokalizován **sv. od Znojma**. V tomto případě šlo o relativně výrazný otřes, jehož lokální magnitudo dosáhlo hodnoty 2.5. Mikrozemětřesení ze sv. okolí Znojma bylo tedy vůbec nejsilnějším tektonickým otřesem zaregistrovaným v průběhu roku 2000 na východním okraji Českého masivu. Přitom až dosud nebyla v sv. okolí Znojma pozorována vůbec žádná seismická aktivita. Na rakouském území je ovšem seismická aktivita známá z okolí diendorfského zlomu (Figdor - Scheidegger 1977), který je pokládán za jižní pokračování východního okrajového zlomu boskovické brázdy.

Registrace tektonických otřesů na východním okraji Českého masivu v roce 2000 ukazují na zřetelnou recentní seismickou aktivitu jeho severní části. Tato seismická aktivita se projevuje relativně vysokým počtem tektonických otřesů, jejichž magnitudo je ale velmi nízké. V jižní části východního okraje Českého masivu nebyla do r. 1999 pozorována významnější seismická aktivita. Dva tektonické otřesy zjištěné v roce 2000 v jižní části východního okraje Českého masivu ukazují na možnou seismickou aktivitu také v některých místech tohoto regionu. Poměrně vysoká hodnota magnituda otřesu ze sv. okolí Znojma ukazuje, že nelze vyloučit ojedinělé výskyty relativně silnějších tektonických otřesů.

Literatura:

- Cacoň, S. - Dyjor, S. (1999): Neotectonic and recent movements of the Earth crust in Polish part of the Sudeten and the Fore-Sudetic Block. - *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment*, VI., 2, 11-16.
- Figdor, H. - Scheidegger, A.E. (1977): Geophysikalische Untersuchungen an der Diendorfer Störung. - *Verh. Geol. B.-A.*, 3, 243-270. Wien.
- Havíř, J. (1998): Napěťové a deformační pole ve vybraných regionech východní části Českého masivu. - MS PhD práce, PřF MU. Brno.
- Havíř, J. - Skácelová, Z. (1998): Tektonické mikrozemětřesení od Valašského Meziříčí z 1.5.1997. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1997*, 100-102. Brno.
- Havíř, J. - Skácelová, Z. - Sýkorová, Z. (1997): Recentní tektonické pohyby v jihozápadní části Nížkého Jeseníku. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1996*, 6-7. Brno.
- Holub, K. - Müller, K. (1997): Seismická aktivita zlomů na severovýchodní Moravě. - In: Kaláb, Z. (ed.): *Výsledky nových studií v seismologii a inženýrské geofyzice*, 175-185. Ostrava.
- Holub, K. - Šťastná, E. - Trýbová, M. (1994): Oživení seismické aktivity v širším okolí Opavy v roce 1993. - *U-R-GP*, 11, 430-435.
- Kaláb, Z. (1994): Seismicita frenštátské oblasti - aktuální dodatek. - *Sborník referátů z reg. konference seismologů „inženýrská seismologie“*. Ostrava.
- Kaláb, Z. - Kumpera, O. - Müller, K. (1995): Seismická aktivita a geofyzikální obraz severní části moravsko-slezské oblasti. - In Kaláb, Z. (ed.): *Nové poznatky v seismologii a inženýrské geofyzice*, 38-49. Ostrava.
- Pagaczewski, J. (1972): Catalogue of earthquakes in Poland in 1000-1970 years. - *Mat. Pomiar. Inst. Geofiz. PAN*, 51, 3-36.
- Schenk, Z. - Kárník, V. - Schenk, V. (1980): Map of epicentres for Czechoslovakia and adjacent area. - *Atlas of seismological maps, Central and Eastern Europe*, the Geoph. Inst. of the Czechosl. Academy of Science. Praha.
- Skácelová, Z. - Havíř, J. (1999): Earthquakes on the eastern margin of the Bohemian Massif recorded by the stations of the IPE Brno. - *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment*, V., 2, 16-21.
- Skácelová, Z. - Sýkorová, Z. - Havíř, J. (1999): Lokalizace slabých tektonických otřesů z okolí Jevíčka a Poličky v roce 1998. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1998*, 156-157. Brno.
- Vyskočil, P. (1991): Recentní pohyby a deformace zemského povrchu na území České republiky a jejich praktické důsledky. - *Geodetický a kartografický obzor*, 37/79, 1, 6-13.