

## A KÁRPÁT-RENDSZER ÉS A GLOBÁLIS TEKTONIKÁK\* SZÉNÁS GYÖRGY\*\*

### Bevezetés

A nemzetközi földkéregkutató szeizmikus szelvények közül a III., IV., V. és VI. harántolja a Kárpát-rendszert vagy végződik benne (1. ábra).

Az 1971-ig elért eredményekről a résztvevők egy közös monográfiát jelentettek meg (SOLLOGUB *et al.*, 1971; 1972). Ennek a tanulmánynak a kéregszerkezeti részét elsősorban erre a monográfiára, valamint egy korábban befejezett magyar nemzeti szelvény adataira (MITUCH, 1968) alapoztuk. A köpenyszerkezeti adatokat magneto-tellurikus mérések eredményei (ÁDÁM, 1963, 1968a, b, 1969; PRAUS, 1967; RITTER, 1968) szolgáltatották.

A tektonikai alapadatokat Európa 1964-ben megjelent tektonikai térképéből, ill. ennek *Magyarországjából* (SCHATSKY *et al.*, 1964) merítettük, de csak hivatkozás végett, mert a Kárpát-rendszerre vonatkozó rész téves szemléletű. Modernebb és jobb térkép azonban a kézirat szerkesztésekor nem volt.

Az idézett monográfia — többek között — a Kárpát-rendszer kialakulására és kéregszerkezetére vonatkozólag következtetéseket tartalmaz. Szeretnénk rámutatni, hogy a kérdést más módon is meg lehet közelíteni. Ez azonban csak egyik indoka ennek a tanulmánynak.

A másik indok, hogy mivel a globális tektonikák korát éljük, célszerű ezek helyi alkalmazását elemezni. A nagymennyiségű új ismeretanyag erre jó alkalmat nyújt.

Nemrég még a konvekciós áramok elmélete volt a legvonzóbb *globális* tektonika. Most az ocean-floor spreading hipotézise hódította meg a világot. Mindkét hipotézist egybevetjük a geofizikai kutatásokból most már meglehetősen jól ismert Kárpát-rendszerrel.

Szeretnénk hangsúlyozni, hogy a globális tektonikákat globálisan kell megközelíteni, és az az idő, amikor kisméretű helyi alkalmazásukra vállalkozni lehet, még igen messze van.

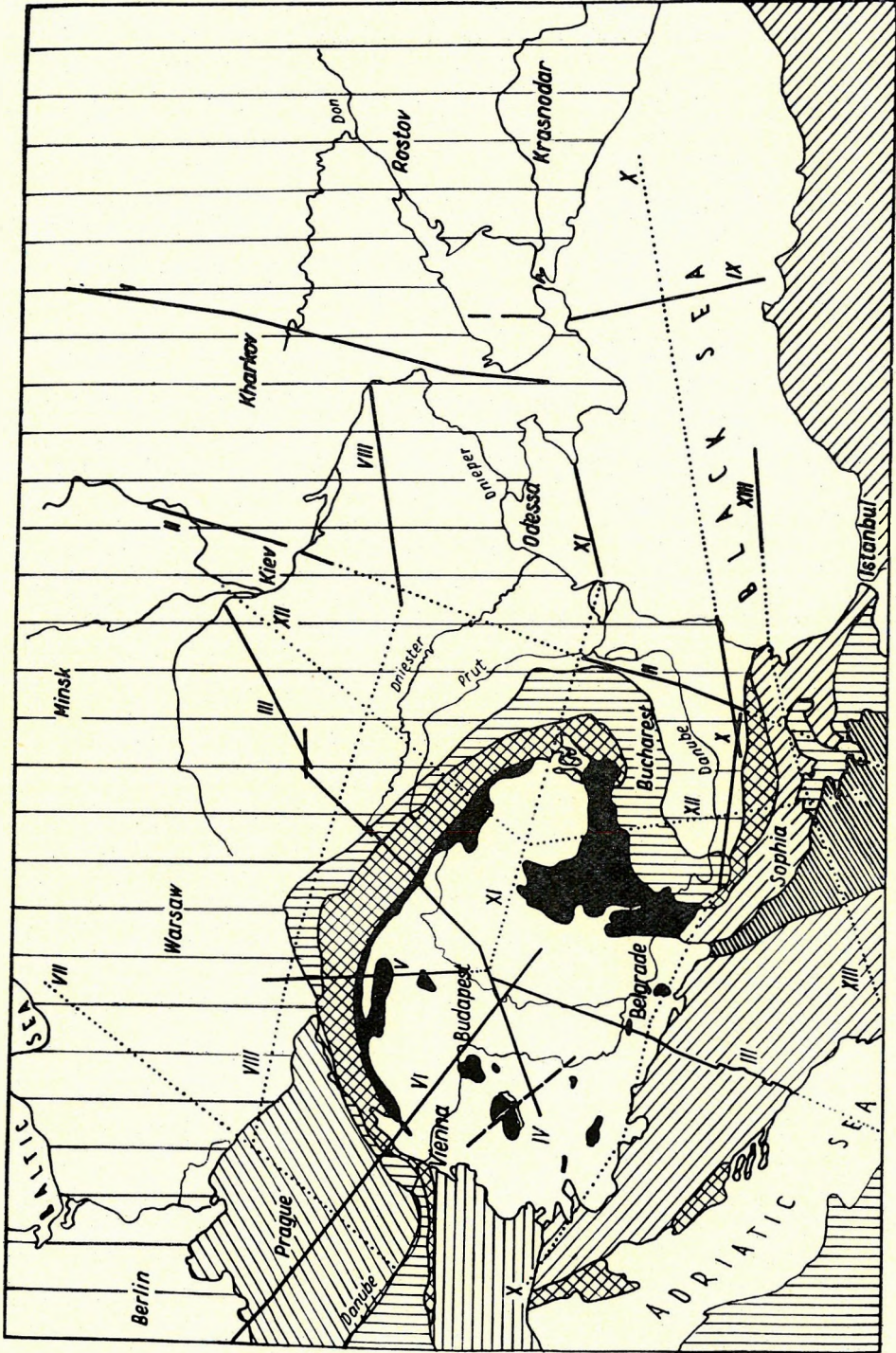
Kárpát-rendszeren a Kárpát-medencét és az ezt övező hegységkoszorút értjük. Idetartoznak tehát a Kárpátok, az Alpoknak a medencével határos részei és a Dinaridák.

\*

A Kárpátokat Külső- vagy Flis-Kárpátokra és Belső-Kárpátokra osztjuk, mert — amint majd látjuk — a szeizmikus mélyszonduzások ezt a két vonulatot kéregszerkezetiileg élesen megkülönböztetik. Ugyanez a felosztás a Dinaridákra is

\* A cikk angol nyelven a *Tectonophysics* 1972. 15. kötet 4. számában jelent meg. Elsevier Publ. Co., Amsterdam. For the original text see *Tectonophysics* 1972, 15(4): 267-286, ELSEVIER, Amsterdam

\*\* ELGI, Budapest  
Kézirat beérkezése: 1972. V. 22.



10 ————  
 11 ······  
 12 - - - -



1. ábra. A földkéregkutató nemzetközi szeizmikus szelvények, a SCHATSKY-féle (*et al.*, 1964) tektonikai térkép egyszerűsített vázlatán
- 1 A Kárpát-medence felső kréta – neogénnel fedett része
- 2 Az Alpok (részletezés nélkül)
- 3 Az Alpok DK-i folytatásai (a Dinaridák KÉK-i pereme a Kárpát-medence aljzatának tekintendő; vö. 7)
- 4 Flis
- 5 Előszüllyedék
- 6 Köztes masszívum
- 7 A Kárpát-medence preausztriai aljzata a felszínen
- 8 A Cseh-masszívum
- 9 A Keleteurópai-tábla (az Ukrán-pajzssal) és peremi részei (a Lengyel Középhegység, a hegyes Dobrudzsa, a Krím-Kaukázus)
- 10 Befejezett nemzetközi szeizmikus földkéregkutató vonal
- 11 Tervezett nemzetközi szeizmikus földkéregkutató vonal
- 12 A dunántúli magyar nemzeti vonal

Рис. 1. Международные профили ГСЗ на упрощенной схеме тектонической карты Шатского (и др., 1964)

- 1 – Часть Карпатской впадины, перекрытая верхнемеловыми-неогеновыми отложениями
- 2 – Альпы (без детализации)
- 3 – Юговосточные продолжения Альп (северный-северовосточный край Динарид должен рассматриваться как основание Карпатской впадины; см. 7)
- 4 – Флиш
- 5 – Передовой прогиб
- 6 – Срединный массив
- 7 – Доавстрийское основание Карпатской впадины на поверхности
- 8 – Богемский массив
- 9 – Восточно-европейская плита (с украинским щитом) и ее краевые части (Польское Среднегорье, Горная Добруджа, Крым-Кавказ)
- 10 – Пройденные международные профили ГСЗ
- 11 – Предусмотренные международные профили ГСЗ
- 12 – Задунайский венгерский национальный профиль ГСЗ

Fig. 1. The international crustal DSS profiles (IP) on a generalized sketch of the tectonic map of SCHATSKY *et al.* (1964)

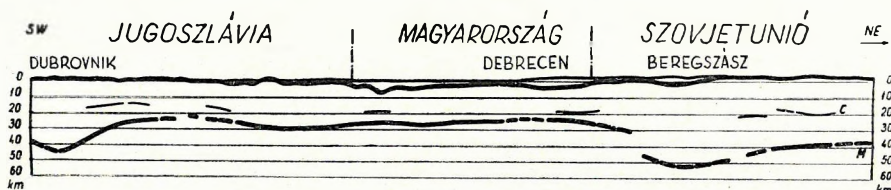
- 1 Cr<sub>2</sub>-N fill of the Carpathian basin
- 2 The Alps (undivided)
- 3 The SE continuations of the Alpine range (the ESE margin of the Dinarides belongs to the outcropping basin-floor; see legend 7)
- 4 Flysch
- 5 Foredeep
- 6 Median massif
- 7 The outcropping pre-Austrian floor of the Carpathian basin
- 8 The Bohemian massif
- 9 The East-European platform (with the Ukrainian shield) and its marginal elements (The Polish Central Range, Dobruja, Crimea-Caucasus)
- 10 IP-s finished
- 11 IP-s planned
- 12 Hungarian national profile No. 2 (Transdanubia)

érvényes, de ott ezt felesleges hangsúlyozni, mert a jugoszláv geológusok régen megtették. A Belső-Dinaridáknak a Belső-Kárpátokra emlékeztető szerkezetét (vékony, ill. normális kéreg) azonban csak mostanában ismerhettük meg, tehát ennek következményei még nem kelthettek kellő figyelmet.

### A geofizikai információ

A III. és IV. szelvényt (2. ábra) együtt, összevonva ismertetjük, mert a teljes Kárpát-rendszert csak összekapcsolva harántolják.

A szelvény az Orosz-táblán, kb. 40 km vastag kérgen indul. A Moho a Kárpátok neogén elősüllyedéke alatt fokozatosan süllyedni kezd. Legnagyobb mélységét — 52 km-t — a kréta-paleogén Külső-Kárpátok alatt éri el. Belső típusú — alsó krétánál idősebb és nem flis fáciesű — kárpáti vonulat e szelvény mentén a felszínen csak igen keskeny sávban található. Ahol a szelvény ezt harántolja, a kéreg vastagsága hirtelen 30 km-re csökken.



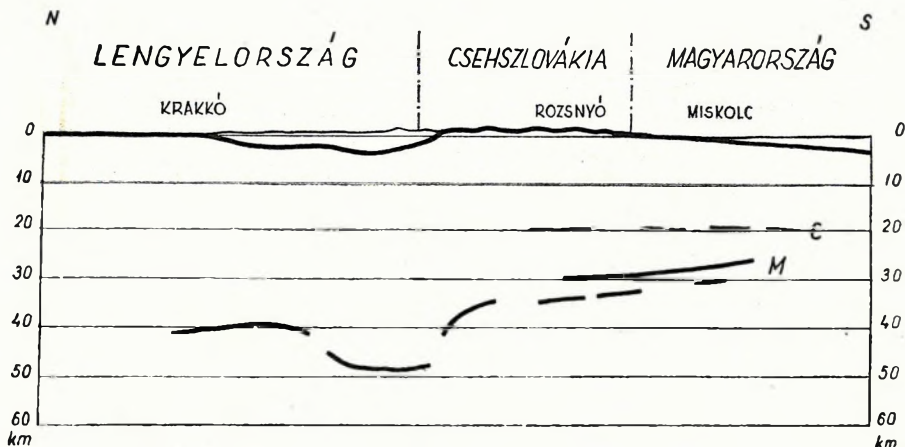
2. ábra. A III. és IV. összevont szeizmikus szelvénynek a Kárpát-rendszert harántoló szakasza SOLLOGUB *et al.* (1971; 1972) nyomán, egyszerűsítve (kétszeres túlmagasítás) Рис. 2. Отрезок сводного разреза сейсмических профилей №№ III и IV, пересекающий систему Карпат по Соллогубу и др. (1971; 1972), в упрощенном виде (вертикальный масштаб увеличен в два раза)

Fig. 2. Section of joint IP-s III and IV traversing the Carpathian system after SOLLOGUB *et al.* (1971, 1972), generalized (twofold exaggeration)

A szelvény, még szovjet területen, takart, fiatal medenceterületre ér. A Moho itt egyenletesen emelkedni kezd, majd a magyar Alföld alatt a kéreg eléri 24 km-es minimális vastagságát. A mélyebb felső kréta—neogén süllyedékek alatt a Moho általában magasabban van. A medence aljzatának emelkedésével a Moho lassan mélyül és ismét eléri a 30 km mélységet. Jugoszláv területen, a Belső-Dinaridákban a kéreg nem vastagszik, sőt egy rövid szakaszon — a Fruška Gora aljzat kibúvása után — egy kis vékonyodás észlelhető. Végül, a Külső Dinaridák alatt, előbb fokozatosan, majd viszonylag hirtelen, a kéreg 45 km-re vastagszik, hogy az Adriai-tenger irányában ismét normálissá vékonyodjék (DRAGAŠEVIĆ—ANDRIĆ, 1968).

A Conrad-felületet a szeizmikus mélyszondázás a Moho-nál bizonytalanabban határozta meg. A szórványos adatok szerint a Conrad mélysége az Orosz-táblán 16—19 km, a Kárpát-medencében 18—19 km, a Dinaridák alatt 14—18 km között változik.

Az V. szelvény (3. ábra) Lengyelországban, a Podóliai-táblán indul, ahol a kéreg átlagosan 40 km vastag. Ezt a vastagságot még az elősüllyedék egy része alatt is tartja, majd a Külső-Kárpátok alatt 48 km-re vastagszik. Ahol a szelvény — cseh-szlovák területen — az itt már széles sávban felszínen és magasán levő Belső-Kárpá-



3. ábra. Az V. szeizmikus szelvény SOLLOGUB *et al.* (1971; 1972) nyomán, egyszerűsítve (kétszeres túlmagyisítás)

Рис. 3. Участок разреза по сейсмическому профилю № V в Карпатах и в Карпатской впадине по Соллогубу и др. (1971; 1972), в упрощенном виде (вертикальный масштаб увеличен в два раза)

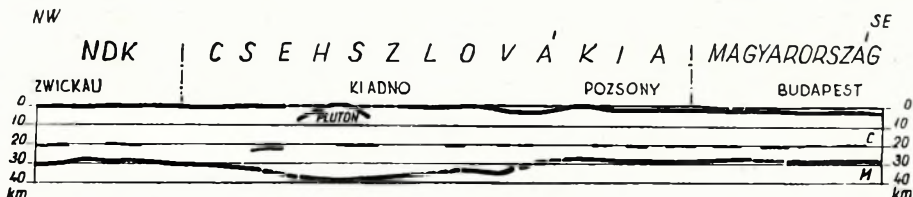
Fig. 3. IP IV after SOLLOGUB *et al.* (1971, 1972), generalized (twofold exaggeration)

tokat eléri, a kéreg egy hirtelen (13 km-es) Moho emelkedéssel 35 km-re vékonyodik. Az emelkedés egyenletesen folytatódik, és magyar területen — a medencealjzat mélyülésével antikorrelálva — a kéreg vastagsága 26–27 km-re csökken.

A Moho a Kárpátokon belüli, vagyis medencejellegű területen kettős. A két Moho egymástól többnyire 1–2 km-re van; hol az alsó, hol pedig a felső jelentkezik intenzívebb beérkezésekkel.

A Conrad-felület csak a Belső-Kárpátoktól és szórványosan követhető. Mélysége — a Moho és a medencealjzat mélységére való tekintet nélkül — 19–20 km.

A VI. szelvény (4. ábra) az NDK-ban, a 29–30 km vastag kérgű, harmadidőszaknál idősebb, intraplatform Thüringiai-medencében indul. Zwickaunál variszkuszi maradványokra fut, ahol a kéreg vastagodni kezd, majd miután átlépte a cseh határt, a 35–40 km vastag kérgű Cseh-masszívumot harántolja. A kárpáti elő-



4. ábra. A VI. szeizmikus szelvény SOLLOGUB *et al.* (1971; 1972) nyomán, egyszerűsítve (kétszeres túlmagyisítás)

Рис. 4. Разрез сейсмического профиля № VI по Соллогубу и др. (1971; 1972), в упрощенном виде (вертикальный масштаб увеличен в два раза)

Fig. 4. IP VI after SOLLOGUB *et al.* (1971, 1972), generalized (twofold exaggeration).



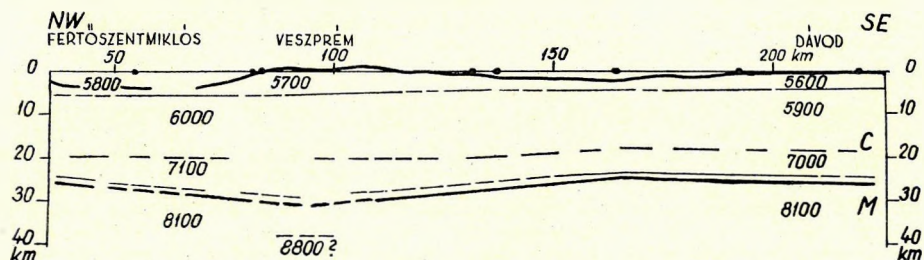
süllyedékben és a Külső-Kárpátok flis-övében, amelyek itt rendkívül keskenyek, a kéreg a 35 km-es vastagságot tartja. A szelvény ezután a Bécsi-medencét harántolja. A kéreg itt vékonyodni kezd, eléri a 28 km-t és ezt a *belső* típusú Kis-Kárpátok alatt sem haladja meg.

A Kis-Kárpátok után a kéreg vastagsága a 30 km-t többé már nem éri el. Letkésnél a szelvény átlépi a magyar határt és csaknem a román határig 26–27 km vastagságú kérgen halad.

A Moho a VI. szelvény medencebeli részén néhol szintén kettős. A Conrad ebben a szelvényben is szórványos. Ahol kimutatható, mélysége 20 km körül van; a kárpáti flis-öv alatt kissé mélyebben, a medence alatt kissé magasabban.

A VI. szelvény egyik érdekes eredménye, hogy a gránitból és különféle más metamorfitekől álló ún. Cseh-pluton a felszínen 6,1 km/sec szeizmikus sebességű. Ez önmagában is, de hullámanalízissel együtt különösen arra utal, hogy a kéreg ún. gránit-öve a Cseh-plutonban a felszínre emelkedik.

Az ÉNy—DK orientációjú magyar *nemzeti szelvény* (5. ábra) a Dunántúlt átlósan harántolja. A Bécsi-medencével összefüggő Kisalföld vastag neogénnel feltöltött medencéjében (Fertőszentmiklósnál) 25–26 km vastagságú kérgen indul. Amikor a szelvény a tömegében felső krétánál idősebb Dunántúli Középhegységhez közeledik,



5. ábra. A dunántúli nemzeti szeizmikus szelvény MITUCH (1968) nyomán, egyszerűsítve (a vízszintes és függőleges lépték azonos)

Рис. 5. Разрез Задунайского национального сейсмического профиля по МИТУХ (1968), в упрощенном виде (горизонтальный и вертикальный масштабы одинаковы)

Fig. 5. National profile No. 2 (Transdanubia) after MITUCH (1968), generalized

a kéreg vastagsága is növekszik: a Bakony hg. alatt eléri a 29–30 km-t. Magyarországon ez a legnagyobb ismert kéregvastagság. A Bakonytól DK-re, ahol a felső krétánál idősebb képződmények ismét egyre vastagodó harmadidőszaki összlet alá süllyednek, a kéreg megint vékonyodik. A legmélyebb medencerészben a kéreg a legvékonyabb: 24–25 km. A tömegében felső krétánál szintén idősebb Mecsek—Villányi-hg.-hez közeledve, a kéreg vastagsága valamelyest ismét növekszik. A szelvény végén — Dávodnál — a kéreg vastagsága 26–27 km.

A Moho ebben a szelvényben is kettős, sőt a Bakony-hg. alatt az alsó Moho-tól kb. 5 km-ig a köpenyben még rövid határfelületek jelentkeztek. A két Moho folytonossága és beérkezéseik intenzitása váltakozik.

A Conrad itt valamivel határozottabb, mint a nemzetközi szelvényekben; 19–20 km-es mélységét meglehetősen egyenletesen tartja. (Nem állíthatjuk egyértelműen, hogy a Conrad sokat emlegetett szórványossága objektív tény. Lehetőséges, hogy ez a szórványosság csak a mérési rendszer következménye.)

A másik lényeges geofizikai adatszolgáltató a magnetotellurikus módszer.

A felső köpeny jól vezető csatornája, amely az inverziós sebességű csatornával (LVL; GUTENBERG, 1959), ill. a lemeztektonika *asztenoszférijával* (ÁDÁM, 1963; PRESS, 1968; ISACKS *et al.*, 1968; KANAMORI, 1970) azonosítható, a Kárpát-medencében átlagosan 60–80 km mélységben van.

Ezt a csatornát magyar és csehszlovák obszervatóriumi, valamint terepi magnetotellurikus mélyszondázások egyaránt kimutatták (ÁDÁM, 1963, 1968a, b; PRAUS, 1967).

Igen lényeges a jól vezető csatorna 60–80 km-es átlagos mélysége, egyrészt mert litoszféránk anomális voltára mutat, másrészt pedig eleve kizárja, hogy itt jelenleg litoszférikus szubdukció legyen, vagy a közelmúltban (legalábbis a mezozoikum óta) lett légyen.

Ezt az adatot azonban (valamint bármilyen geofizikai információt) csak akkor értékelhetjük, ha a Kárpát-rendszert más egységekkel összehasonlítjuk.

### A föld tektonikai egységeinek geofizikai-földtani paraméterei

A lemeztektonika szemléletével a Föld elsőrendű tektonikai egységei a *lemezek*. A másodrendű tektonikai egységek nyilvánvalóan az *óceánok* és a *kontinensek*. A kontinenseken belül — mint harmadrendű tektonikai egységeket — *ősi, kristályos pajzsokat, táblásvidékeket, idős (kaledóniai, variszkuszi) lánchegységeket* és *fiatal (alpi, circum-pacifikus) lánchegységeket* különböztethetünk meg.

A kaledóniainál idősebb hegységképződések termékei ma — nagyobb részüikben — vagy az ősi pajzsokhoz tartoznak, vagy táblás vidékek kristályos alaphegységét alkotják. Ez sok tekintetben a kaledóniai ciklus termékeire is érvényes. A variszkuszi maradványok nagy része (pl. az Altaidák) ellenben csaknem olyan magas és tektonikailag csaknem olyan eleven, mint a fiatal lánchegységeknek a glóbuszt körülölelő ívsora.

A Kárpát-rendszer főleg harmadrendű tektonikai egységekből, az Alpokból, a Dinaridákból és a Kárpátokból áll. A Kárpát-medence negyedrendű tektonikai egység.

Az I. táblázat ezeknek az egységeknek összehasonlító geofizikai elemzése. A táblázatban foglalt paraméterek statisztikusak. A merev elkülönítések a jobb megértést szolgálják, de tudatában vagyunk, hogy a természet *ilyen* élesen valószínűleg nem osztályoz.

### A Kárpát-rendszer kialakulása és szerkezete

Geofizikai adatok szerint (ČIČCARDEL-ESCA, 1966; SOLLOGUB *et al.*, 1971; 1972) a Külső-Dinaridák, az Alpok, a Külső-Kárpátok és a Déli-Kárpátok elősüllyedéke a közbezárt medencét vastag, de legalábbis viszonylag vastag kérgű kerettel veszi körül. A szoros értelemben vett, vagyis felső kréta—neogén összlettel feltöltött medence kérgének átlagos vastagsága 25 km. A keret kérgének legkisebb vastagsága 35 km. A medence kérgének alja tehát zárt *kupolat* alkot, amelynek legkisebb domborulati magassága 10 km.

A kéreg elvékonyodásának oka és módja nem ismeretes. Néhány tényből azonban arra következtethetünk, hogy a kéreg — valamilyen módon — *alulról* vékonyo-



dott el. Ezek a tények: a Conrad a felszíntől éppen annyival van távolabb a normálnál, amennyi a medenceüledék-összlet vastagsága, tehát a Conrad a mai medencealjzattal együtt süllyedt\*: a Moho ezáltal nemcsak a felszínhez, hanem a Conradhoz is közelebb van, vagyis a gabbro réteg különösen vékony; úgy látszik, hogy a Moho feljebb kerülése valamilyen módon ennek rovására történt.

A Moho feljebb kerülése izosztatikus egyensúlytalanságot teremtett, amelyet a kéreg csak felső részének besüllyedésével, a medenceképződéssel tudott kompenzálni.

Ezzel a medenceképződés módja és az elvékonyodás ideje is rögzíthető.

A medence kialakulását a kéreg elvékonyodásával kapcsolatba kell hoznunk, mert vékonyodó kérgen medence csakis passzív süllyedéssel, a kéregvékonyodás teremtette új helyzetnek (tömegeloszlásnak) megfelelő izosztatikus egyensúlyt keresve jöhet létre.

Az elvékonyodás kezdete a medenceképződést tehát nem sokkal előzhette meg. Ha a medence (mélyfúrások szerint) a felső krétában kezdett besüllyedni, akkor az elvékonyodás kezdetét jó közelítéssel az alsó kréta második felére tehetjük.

Ez éppen egybeesik a külsőkárpáti kéreg aktív (geoszinklinális jellegű, vastagodó; SZÉNÁS, 1969) behajlásával, amely amellett, hogy az addig ott nyitott kéregalj-kupolát bezárta, a medence kérgére húzást gyakorolt. A húzás következménye lehet, hogy a kéreglemez széttöredezett (széttöredezhetett) és az egyes kéregtömbök — amint az aljzat/Moho antikorreláció mutatja — egyénileg találtak lokális jellegű izosztatikus kompenzációt.

A folyamat az alsó kréta végétől lényegében a pliocén végéig tartott (6. ábra), de szakaszos, fokozatos volt. A fellazult kéreg hatalmas töréseit egy alsókrétavégi bázisos vulkanizmus ideiglenesen nyilván eltömté és a kéregtömböket „összehesztette”. Ezt a medence közismert mágneses anomáliaképe világosan mutatja. Az eocén, oligocén, miocén vulkanizmus, valamint a medence oszcilláló, ill. a pliocénban meggyorsuló és folyamatosabbá váló süllyedése viszont arról tanúskodik, hogy bármi volt is a folyamatot üzemben tartó feszültség, időnként olyan mértékben felhalmozódott, hogy a töréseket rejuvenálta, a vulkáni mechanizmust újra és újra működésbe hozta;\*\* végeredményben megteremtette a mai Kárpát-medencét.

Az aljzat/Moho antikorreláció felveti a kérdést, hogy a kéreg alja miért nem mindenütt egyenlő mértékben csúszott feljebb?

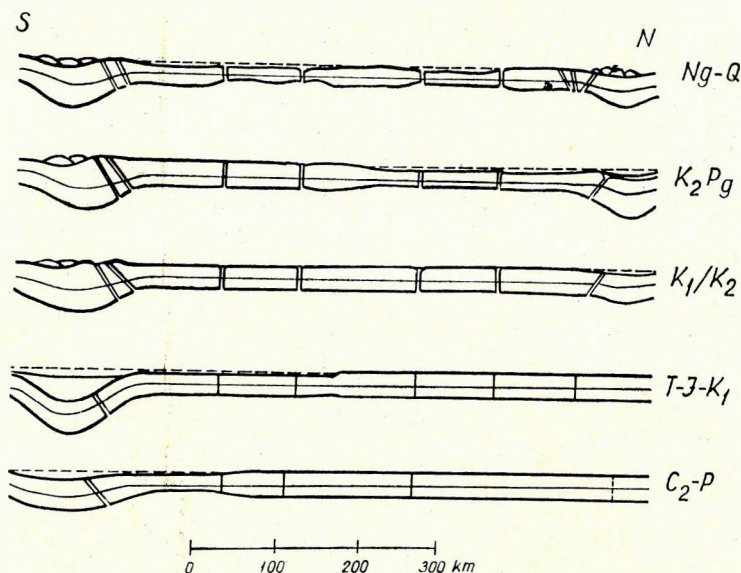
Erre a kérdésre válaszolni nem tudunk, de a különös az lenne, ha a Moho teljesen sima volna.

A medence süllyedése és üledékképződése — amint említettük — a felső krétában indult meg. A külső-kárpáti süllyedés és üledékképződés nem sokkal előbb — az alsó kréta végén — kezdődött. A medence felső kréta—paleogén összletének jelentős része fáciesben a külső-kárpáti flisre emlékeztet. Az irodalomban így is szerepel, holott a két összlet között tektonikailag óriási különbség van: a medencebeli felső kréta süllyedék az üledéket *vékonyodó* kérgen, a külső-kárpáti süllyedék pedig *vastagodó* kérgen gyűjtötte. Tektonikailag különböző életüket az is mutatja, hogy a paleogén—neogén határon — a szávai fázisban — a külső-kárpáti flis-öv üledékképződése megszűnt. A hegység felemelkedett és kérge ma is *vastag* (2. ábra). A me-

\* A Conrad-felületnek a medencealjzattal elvileg párhuzamosnak kellene lennie. Az adatok szórványossága miatt ez nem látszik elég világosan; tény azonban, hogy a mai felszíntől abnormisan távol van.

\*\* Az említett mágneses anomáliakép azt is mutatja, hogy a vulkanizmus újabb és újabb generációi lényegében a régiek helyén törtek fel.





6. ábra. A Kárpát-rendszer fejlődéstörténete az alpi orogén ciklusban (általánosított, de léptékhelyes vázlat)

Рис. 6. История развития системы Карпат в альпийском цикле горообразования (обобщенная, но правильная по масштабу схема)

Fig. 6. The tectonic evolution of the Carpathian system in the Alpine orogeny (a generalized sketch)

dencében pedig a süllyedés és üledékképződés a neogénben folytatódott, sőt egyre intenzívebbé vált. Emellett a medence kérge *vékony* (2., 3., 4., 5. ábra).

A kárpáti geosinklinálisképződést és a medenceképződést megnyitó tektonikai mozgás az albai emeletbe, az ausztriai fázis idejére tehető. Ezért azt a heterogén (a prekambriumtól az alsó krétáig terjedő) összletet, amely az alsó kréta után le-süllyedt, hogy a medenceüledék-összletnek helyet adjon, *preausztriai medencealjzatnak* nevezzük. Ennek magmás, átalakult és üledékes tagjai vannak. A *preausztriai* üledékes kőzetek azonban a *posztausztriai medenceüledék-összlettől* mind fáciesben, mind pedig diszlokációs fokban lényegesen különböznek.

Ahol a Moho nem került feljebb, ott a preausztriai medencealjzat — az izosztatikusan antikorreláció következtében — magasabban van. Néhány helyen a felszínen, sőt magasra emelkedve található. A felszínen levő aljzattömböket helyenként borító harmadidőszaki képződmények mutatják, hogy ez az izosztatikusan állapot többszörös oszcillációval állott be.

Középhegységünknek minden felső krétánál idősebb tagja felszíni medencealjzat.\* A szeizmikus mélyszondázások szerint (2., 3., 4. ábra) a Belső-Kárpátokat, a tektonikai analógia miatt pedig a Déli-Kárpátokat és a Bihar-hegység komplexust is ilyennek kell minősítenünk. A Belső-Dinaridák vékony kérge mutatja, hogy ez a terület rész is ide sorolható.

\* Ezt — érdekes módon — az ásványi nyersanyagkutató geofizikai mérések is megerősítik. Középhegységünk bárhol kerül a felszín alá, a peremlein, öbleiben végzett szeizmikus és geoelektromos mérések *vezérszintje* sohasem emelkedett az apti vagy (ha vannak) az albai képződmények fölé.

Az I. táblázat szerint a Kárpát-medence aljzata és a Belső-Kárpátok (vagy Belső-Dinaridák) geofizikai paraméterei között csak annyi különbség van, amennyit a térszíni magasságkülönbség indokol.

A Belső-Kárpátok és rokon szerkezeti elemeik valamilyen ismeretlen kéreg-, ill. köpenyszerkezeti okból vastagabb kérgűnek, tehát magasabbnak maradtak (vagy magasabbra kerültek), mint medencebeli ekvivalensük: a lesüllyedt pre-ausztriai medencealjzat. Viszonylag vastagabb kérgük azonban nem lánchegységi, és lánchegységre semmiféle geofizikai paraméterük nem utal.

A Kárpát-medence nem fiatal harmadidőszaki, amint általában vélik, hanem posztausztriai, vagyis *felső kréta*—harmadidőszaki. A Kárpát-medencét (nem szokták hangsúlyozni, de nyilvánvalóan csak az aljzatát) az irodalomban sokféle-képpen említik: Pannóniai-masszívum, Pannóniai-blokk, köztes tömeg, Zwischengebirge, Tisia. Az elmondottak értelmében minden ilyen elnevezésben van valamilyen félrevezető elem. Ezért használjuk mindig az egyszerű *Kárpát-medence* megjelölést.

A Kárpát-medence, ha tektonikai helyzetét felületesen nézzük, intermontán medencének látszik. Valójában nem az, mert két egymástól független és korban sem teljesen korreláló hegységet — a Külső-Dinaridákat és a Külső-Kárpátokat — választ el egymástól. A Kárpát-medence egy különleges, vékony kérgű, zárt, fiatal süllyedék, amelyet a tektonikai egységek kialakult fogalomrendszerébe besorolni egyelőre nem tudunk.

A Fekete-tenger süllyedékével sem hasonlítható össze (SOLLOGUB *et al.*, 1971, 1972), mert ott a gránitréteg vékonyodott el, néha szinte hiányzik, vagyis ott „óceánizálódással”, „bázisosodással” (BELOUSSOV, 1961) állunk szemben, itt pedig nem.

Az eddig leírtak szerint a Kárpátok vonulata az Alpokkal tulajdonképpen csak a flis-övben és az északi elősüllyedékben tart kapcsolatot. Ha a III–IV., V. és VI. szeizmikus szelvényt (2., 3., 4. ábra) rendre megszemléljük, még ez a kapcsolat is vitássá válik, mert a Kárpátok tektonikai életjelenségei (kéregvastagság, diszlokálttság, magasság) az Alpok felé közeledve *csökkennek*, holott az „anyalánchegységhez” közeledve *növekedniük* kellene.

A Kárpát-rendszer — akár hegységkeretét, akár a belső medencét tekintjük — rendhagyó szerkezeti elem. Ez önmagában is megérdemli a figyelmet. Itt azonban most az a lényeges, hogy e tulajdonsága miatt minden globális koncepció lokális *test*-modelljéül rendkívül alkalmas.

### A konvekciós áramok és a lemeztectonika elméletének a Kárpát-rendszerre való „alkalmazása”

Nem a lemeztectonika az első globális tectonika. Minden tectonika globális, amely magának globális érvényt vindikál. A konvekciós áramok elmélete is ilyen.

A *konvekciós áramok elméletét* neves kutatók (pl. PEKERIS, 1935; HALES, 1936; GRIGGS, 1939a, b; VENING MEINESZ, 1952; stb.) dolgozták ki, és ugyancsak neves kutatók (pl. DE SITTER, 1956, 1967; PRESS, 1968; stb.) vonták kétségbe.

Az elmélet ellenzői — még a lemeztectonika uralomra jutása előtt — kimutatták, hogy az involvált fizikai paramétereikről — konkrétan, mérésekből — semmit sem tudunk; hogy kisméretű áramkörök endogén energiaforrásként elégtelenek; hogy köpenyszerte működő nagy áramköröket a köpeny szeizmológiai törésfelületei és feltételezett fizikokémiai paraméterei nem engednek meg; hogy a lánchegységek

időbeli és térbeli eloszlása (ciklusossága) sem a Griggs-féle modellel (1939a), sem pedig az óceánok és kontinensek között levő hőmérsékleti gradienssel — az elmélet alapfeltételével — nem egyeztethető.

Ha ezt az elméletet a Kárpát-rendszerre mégis alkalmazni kívánjuk, ezeket az ellenvetéseket — első közelítésben — el kell felejtenünk.

A medencét körülvevő hegységkoszorú genetikailag, tektonikailag és rétegtanilag heterogén. Az *egészet* egyetlen konvekciósáram-mechanizmustól származtatni lehetetlen. Ezért az egyes vonulatokat külön-külön elemezzük. A Griggs-féle modell-kísérletnek (1939a) megfelelően, a problémát úgy közelítjük meg, hogy minden vonulat minden tektonikailag összefüggő övezete alá két szemben forgó áramkört helyezünk, amelyik a kérget beszívja, majd elengedi. A *beszívás* nem más, mint a geoszinklinális-stádium, amikor a kéreg alul a köpenybe mintegy gyökeret ereszt (ill. valami „beszívja”), felül pedig üledékgyűjtő medencévé horpad. Az *elengedés* után a beszívott kéreg visszamelkedik és a felszíni vályúba időközben ülepedett anyagot (amely közben számos fizikokémiai hatást szenvedett el) hegységgé emeli. Ha a beszívást elfogadjuk, a visszamelkedés már nem probléma, mert a beszívott gyökér izosztatikusan nyilvánvalóan túlsúlyodt, és mihelyt felszabadul, egyensúlyának visszaszerzésére törekszik. A régi állapotot — éppen a közben lerakódott üledékek miatt — természetesen nem érheti el. Noha a geoszinklinális töltelékét magasan a térszín fölé emeli, a köpenyben a hegység tömegével arányos gyökere még marad. A konvekciós áramok elmélete éppen ezért szuggesztív. A gondolatsor második része ugyanígy logikailag helyes és geofizikailag is igazolható.

A Kárpát-medencét keretező hegység lánchegegségi ív egyik tagja az Alpok vonulata. Ennek övezetei, ill. ciklusai földtörténetileg a prekambriuntól a neogénig terjedő időtartományt fogják át.

Egy másik tag a Külső-Dinaridák vonulata,\* amely a triász—neogén tartományt fedi.

A harmadik tag a Kárpátok (Külső-Kárpátok) vonulata, amelynek időtartománya már csak az alsó kréta végétől a paleogénig (az elősülyedéssel: a neogénig) terjed.

Az Alpokban, nagy vonalakban, egy ősi — prealpi — kristályos „magot”, két (variszkuszi) geoszinklinális övet, két alpi miogeoszinklinális övet, egy flis-övet, egy elősülyedéket és egy molassz-medencét különböztethetünk meg. Az Alpok vonulata — a flis-övet kivéve — kétoldalúan részarányos. Az északi elősülyedéket délen a Pó-síkság molassz-medencéje „ellensúlyozza”.

A Külső-Dinaridáknak flis-öve, valamint molassz-medencéje van (a Belső-Dinaridák bázisos magmatitjainak viszonylag nagy mennyisége — noha ilyenek a Kárpát-medence aljzatában is vannak — tárgyunk szempontjából jelenleg lényegtelen). A Dinaridák vonulata lényegében egyoldalú.

Az ugyancsak egyoldalú Külső-Kárpátokban szintén csak flis-övet, továbbá elősülyedéket találunk. A Kárpátoknak molassz-medencéje nincs. Az eddig leírtakból következik, hogy a Kárpát-medencét — minden felületes hasonlóság mellett — molassz-medencének nem tekinthetjük.

Az Alpokban, a mai „maghegység” alatt, még a varisztikum előtt, sőt valószínűleg a prekambriumban, egy konvekciós leszálló ág párnak kellett léteznie. Amikor ez megállott, az Ős alpok gyökerét elengedte és a jelenlegi „kristályos maghegység” kiemelkedett. Ha elfogadjuk a passzív, vertikális, izosztatikusan kiemelkedés koncepcióját, akkor a kép csak ennyire bonyolult. Ha azonban a lánchegegség ki-

\* Vastag kerge miatt csak a Külső-Dinaridákat tekintjük lánchegegségnek.



emelkedéséhez horizontális kompressziót követelünk meg, minden bonyolultabbá válik, mert a konvekciós áramokat nemcsak meg kell állítani, hanem újra meg is kell indítani.

A prekambriumi orogeneziseket a posztkambriumiaknál kevésbé ismerjük. Tény viszont, hogy a prekambrium egymaga hosszabb időtartamot fog át, mint a jobban datált teljes fanerozoikum. A leírt folyamat tehát — még a kaledóniai mozgások előtt — elvben többször is megismétlődhetett, a varisztikumban pedig biztosan megismétlődött.

A lefelé áramlás mechanizmusa a felső permben mindenesetre ismét üzembe lépett. Az Alpoknál, a kétoldalas szimmetria miatt, a varisztikum óta két párhuzamos tengely körül forgó ágpart kell feltételeznünk, amelyek a gyökeret vagy gyökereket leszívták, majd megálltak.

A legutolsó megállás és a gyökerek szabaddá tétele az alsó kréta végén történt. A lánchegység ekkor ismét kiemelkedett és a „maghegységet” ekkor már mindkét oldalán variszkuszi-alpi vonulat szegélyezte.

A szemben forgó kettős áramköröknek hosszan elnyúlt rendszere ezután egyesült, az északi flis-öv alá csúszott és a leírt műveletet ott is elvégezte. A leszívás az alsó krétában, az elengedés a paleogén végén történt.

A mechanizmus ekkor vagy teljesen megállt, vagy pedig a Pó-síkság alá került. A Pó-síkság kerge többnyire vastag. Feltételezhető, hogy a Pó-síkság üledékgyűjtő medencéje — a Kárpát-medencétől eltérően — nem passzív, nem izosztatikus súlylyedéssel jött létre.

A Külső-Dinaridák flis-övében az alpi mechanizmus nem működhetett, vagy pedig ha működött, az áramkörök egészen megtört tengely mentén forogtak.

Amikor a Külső-Dinaridákban az áramkörök még javában dolgoztak, egy másik ágpart — 400 km-rel északabbra — a Külső-Kárpátok gyökerének leszívásán fáradozott.

A neogénben a dinári ág-pár ismeretlen sorsra jutott. A Dinaridák molassz-medencéjének kerge nem mutatja leszívás hatását; lényegében normális vastagságú (DRAGAŠEVIĆ—ANDRIĆ, 1968).

A kárpáti ágpart ellenben a neogénben északabbra vándorolt és a Kárpátok északi elősülyvedékének kergét szívta le. Ennek az elősülyvedéknek a kerge még ma is vastag (2. ábra).

A leírtak természetesen csak korlátozott részletezést jelentenek. Valamennyi vizsgált egységben ugyanis számos diszkordancia tanúskodik, hogy a kéreg valóban sokkal többet oszcillált.

A konvekciós áramok elméletének a Kárpát-rendszerre való alkalmazása íme fizikai és földtani abszurdításokra vezetett. Ez, ebben az esetben — véleményünk szerint — nemcsak az elmélet helyi alkalmazása, hanem a konvekciós áramok ellen is szól, hiszen a leírt hegységek kétségtelenül léteznek, holott ilyen áramrendszerek természetesen nem létezhetek.

Ha a konvekciós áramok elmélete — a maga globális dimenzióiban — tartathatlannak bizonyult, akkor az elmélet itteni, helyi alkalmazására — medencénk kis méreteit is tekintve — gondolni sem szabad.

\*

A nemrég megalapozott *lemeztektonika*, vagy *ocean floor spreading elmélet* (BULLARD, 1964, 1969; LE PICHON, 1968; ISACKS *et al.*, 1968; MENARD, 1969; stb). rövid idő alatt futótűzként terjedt el. A tektonikusok világszerte elfogadták, mert

több jelenséget magyaráz, mint bármelyik elődje. Ez nem is csoda, hiszen koncepcióit modern geofizikai (főleg paleomágneses, szeizmológiai, magnetotellurikus és geotermikus) adatokra alapozta. BELOUSSOV (1970) azonban az elmélettel kapcsolatban komoly kételyeknek adott kifejezést. Az elmélet alapjául felhasznált geofizikai adatokat kevésnek, globális extrapolációjukat elsietettnek tartja és a tények légiját sorakoztatja fel, amelyek az elméletnek ellentmondanak.

Bizonyos, hogy a 600–700 km mélységű földrengéseknek a Földet teljesen körülölelő övét tagadni nem lehet. A paleomágneses „sávzottság” mellett, a lemeztektonika legfontosabb érve ez. A részletek ismeretére a továbbiakban fel kell tételeznünk, de ez a mondat a dimenziók érzékeltetésére szükséges volt.

Tény, hogy következtetéseikben jelenleg még maguk az elmélet megalapozói is meglehetősen tartózkodók. Helyi alkalmazásra nem vállalkoznak. Nehéz is lenne, mert pl. lemeztektonikai szemlélettel még az orogenezist is csak nagyon vázlatosan, sőt néha ellentmondóan lehet magyarázni (pl. BULLARD, 1969 és MENARD, 1969).

Ennek ellenére a lemeztektonika hiányosságait éppen úgy elfelejtjük, mint a konvekciós hipotézis hiányosságait, és az elméletet kísérletképpen alkalmazzuk a Kárpát-rendszerre. Itt természetesen nem a lemeztektonika bírálata a lényeg, hanem helyi, kisszerű, elsietett alkalmazási lehetőségét vonjuk kétségbe.

A Kárpát-rendszer a Föld litoszféráját alkotó hat-nyolc nagy lemez (LE PICHON, 1968; BULLARD, 1969) egyikén, az eurázsiai lemezen belül fekszik (7. ábra). Ennek a lemeznek a *spreading központja*, ill. *vége* az Atlanti-hátság. *Vezető éle* valahol a Csendes-óceánban van. Északi határa a sarkvidékig nyúlik, déli határa Afrika északi széle\*. Bármelyik határa a Kárpát-rendszerrel több ezer kilométer távolságra van. Ha ezt a lemezt léptékhelyesen kicsinyítjük, egy 300 cm<sup>2</sup> területű, egy-két milliméter vastag paraffin lemezt kell elképzelnünk, amelyen a Kárpát-rendszer alig 1 cm<sup>2</sup>-t foglal el.

LE PICHON és BULLARD (*op. cit.*) azt állítja, hogy ez a lemez az észak-amerikai lemeztől csak a felső krétában kezdett elszakadni és a kontinensek, valamint óceánok jelenlegi konfigurációja a harmadidőszakban alakult ki.

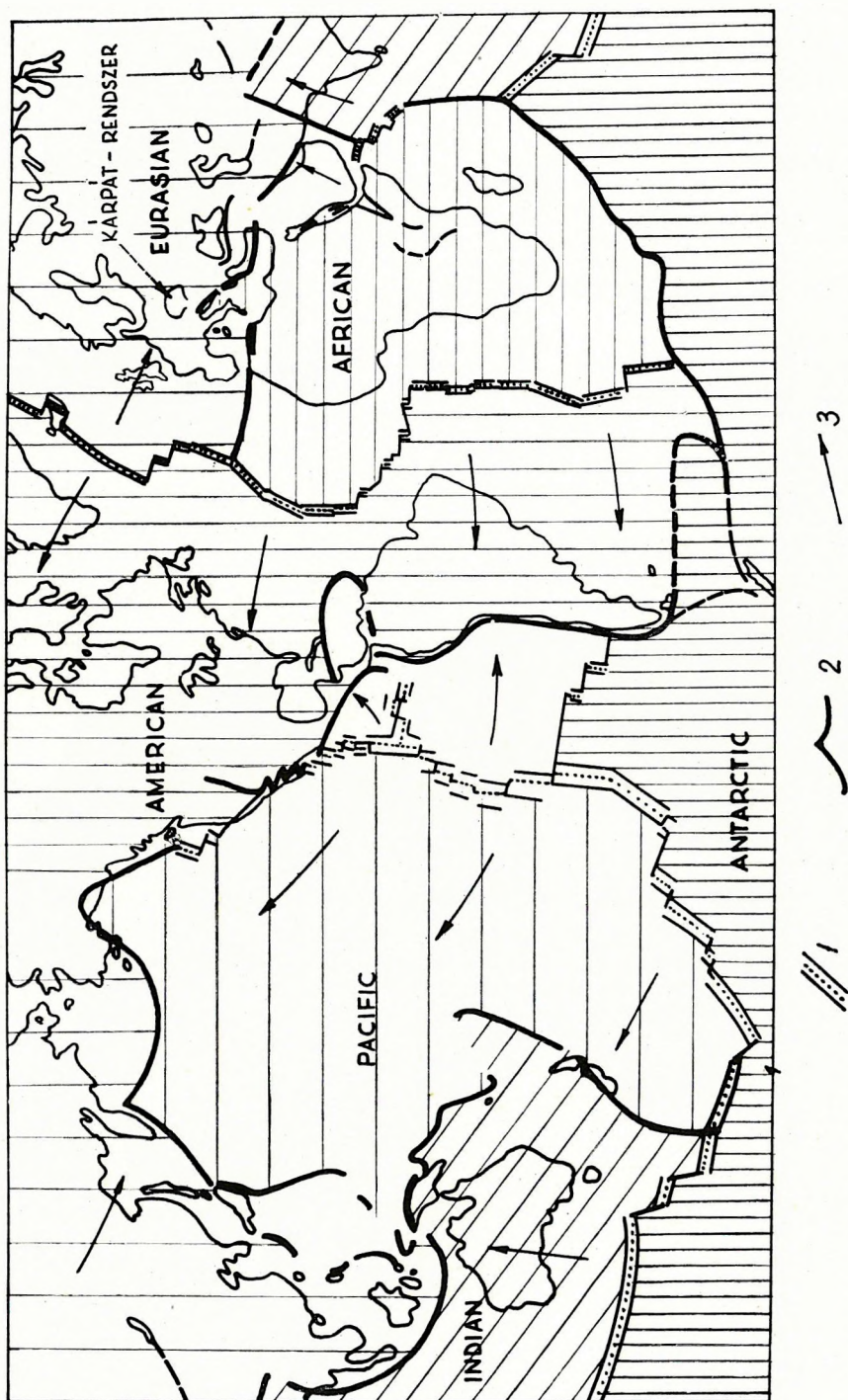
A lemezen belül jelenleg — talán a Bajkál-árokrendszert kivéve — új *spreading* központ kialakulásának nincs nyoma. A kréta előtti *spreading*ről semmit sem tudunk.

Az Alpokat tehát máris kizárhatjuk a *spreading* legutolsó — az Atlanti-óceánt létrehozó — szakaszából, mert az Atlanti-óceán még nem is létezett, vagyis az eurázsiai lemez még el sem kezdte mozgását, amikor az Alpok nagyjából mai alakjukat és szerkezetüket megkapták. (Mindez természetesen a Belső-Kárpátokra és a Belső-Dinaridákra is vonatkoznék, de ezek nem lánchegységek, akkor sem, ha a tektonikusok többsége Stillétől kezdve mind a mai napig másképpen vélekedik.)

A Külső-Dinaridák, Külső-Kárpátok és a Kárpát-medence kialakulása is valamivel előbb kezdődött, mint az eurázsiai és amerikai lemez szétszakadása. Ha a *spreading* előbb indult volna meg, mint a valódi Kárpátok geosinklinálisának besüllyedése, akkor a két jelenség között valamilyen kettős-hármas áttételű közvetett okozati kapcsolatot kereshetnénk. Minthogy azonban az atlanti *spreading* kezdetét még a Kárpátok üledékgyűjtőjének besüllyedése is megelőzte (alsó kréta vége), a kapcsolat végtelenül valószínűtlen: a Kárpátoknak nem kellett *spreading*, hogy létrejöjjenek. Ezt megerősíti a terület felső kréta ősföldrajzi képeznek rekonstrukciója: nyílttengeri, mélytengeri, óceáni környezet a Kárpátok közelében nem volt.

\* Bullard ugyan — valószínűleg a szeizmicitás miatt — a Dinaridák DNy-i peremére is helyez egy bizonytalan (befejezetlen) ütközési sávot. A lemez mozgási iránya azonban a Dinaridákkal majdnem párhuzamos; ütközésről tehát itt nem lehet szó, legfeljebb sűrűdásről.





7. ábra. A litoszférai lemezek (és a Kárpát-rendszer) Bullard (1969) nyomán. 1 spreading központ; 2 lemezütközési sáv; 3 mozgási irány

Рис. 7. Плиты литосферы и система Карпат по Bullard (1969) 1 — центр раздвига 2 — полоса столкновения плит; 3 — направление перемещения

Fig. 7. The lithospheric plates and the Carpathian system after Bullard (1969) 1 spreading centre; 2 collision zone; 3 direction of drift



A jelenlegi helyzetet illetően elég annyi, hogy a spreading — ahol van — ma is működik. A spreading geofizikai paraméterei (pl. a szeizmicitás) közismertek. A Kárpát-medencében egyetlen sincs nyoma sem.

A lemeztektonika éppen „hegységképzésre” nem nagyon alkalmas. Amíg a mélytengeri árkok és a geoszinklinálisok egy részének létrejöttét úgy ahogy magyarázza, az orogenezist csak igen elnagyoltan vagy ellentmondásosan vagy sehogyan sem képes magyarázni. Ezenkívül a lánchegységek ciklikus voltát (térben és időben), kialakulásuknak a kőzetekből kiolvasható fázisait, a flisképződést, a táblás tektonikát, és a geotektonika számos helyi, ill. részjelenségét a spreading elmélet éppen úgy nem tudja megmagyarázni, mint a konvekciós áramok elmélete.

Ha a Kárpátok származtatásában a spreading szerepét elvetjük, egyúttal azt is kimondtuk, hogy lánchegységek (vagy bizonyos fajta lánchegységek) spreadingtől függetlenül (is) létrejöhetnek.

A felső krétában és a harmadidőszakban már javában mozgó eurázsiai lemez (ha van) a Kárpát-rendszer fejlődését valamilyen módon — többszörös áttétellel — befolyásolhatta. Minthogy azonban a Kárpátok és a Kárpát-medence *keletkezésénél* szerepet nem játszott, a lemeztektonikát erre az egységre akkor sem alkalmazhatjuk, ha egy *globális* tektonikát egyébként egyáltalában szabad volna apró, helyi jelenségekre alkalmazni.

\*

Befejezésül viszont a lemeztektonikát és a Kárpát-rendszert egyaránt érintő néhány eddig elhanyagolt gondolatot szeretnénk felvetni.

A kéreglemezek a felső köpenyben úsznak; a litoszféra pedig azon a felső köpenyrészen úszik, amelyiknek felső része az asztenoszféra.

A kontinentális litoszféra — legalábbis statisztikusan — szemmel láthatólag (I. táblázat) szisztematikusan vastagabb, mint az óceáni. A kontinensek a litoszférából kiemelkednek, a kontinentális litoszféra az asztenoszférába mélyebben merül, mint az óceáni litoszféra. Ismeretes, hogy a kéreg izosztatikusan a köpenyben kompenzálódik. A litoszféra konfigurációja erre rendkívül emlékeztet. Úgy látszik, hogy a litoszféra — kéregkomponensével együtt — az asztenoszférában kompenzálódik. A litoszféra és asztenoszféra határán uralkodó fizikai paramétereikről, a szeizmikus sebességet és a fajlagos ellenállást kivéve — konkrétan, mérésekből — semmit sem tudunk. Nem járna haszonnal ezt az állítást, ismeretlen mennyiségekre alapozott számításokkal „alátámasztani”. Érdemes azonban a tényen elgondolkozni, erre vonatkozó kutatásokat végezni és a lánchegységek, valamint a Kárpát-medence köpenyének, ill. LVL-jének „nem kontinentális” viselkedését megvizsgálni. Semmilyen fizikai törvény nem követeli meg, hogy a Föld felső öveiben csak *egyetlen izosztatikus rendszer* létezzék.

Egy másik gondolatot maga a Kárpát-medence sugall. A medenceképződést a kéregalj feljebb emelkedésével és az ebből következő izosztatikus kompenzációval: a felszín lesüllyedésével magyaráztuk. Az izosztázia nem aktív tektonikai energiaforrás. Ha azonban valamilyen kéregtömb izosztatikus egyensúlyát elvesztette, a visszatörékvés tektonikai energiaforrássá válik és az izosztatikus emelkedést semmiféle más emelkedéstől (ha van ilyen) megkülönböztetni nem lehet. Ha valóban létezik két izosztatikus rendszer, és a litoszféra alja valamilyen (egyelőre teljesen ismeretlen) okból feljebb kerül (elpusztul, fizikai paramétereit megváltoztatja, a fázisátmenet-határ feljebb csúszik, mielőtt a szubdukciót elkezdi felfelé hajlik, stb.), a kéreg tetejének szintén be kell süllyednie. Ilyenkor azonban a süllyedő földfelszínnel nemcsak a Conrad, hanem a Moho is együtt süllyed.

✱ Más szavakkal: a kéregalj feljebb csúszása medenceképződéshez, a litoszféralj feljebb csúszása geoszinklinális-képződéshez vezet. A lejjebb került Moho pedig a köpeny-kéreg izosztatikus rendszerben okoz kompenzálatlanságot, amelynek előbb-utóbb visszaemelkedésben és hegységképződéssel kell kompenzálnia.

A lemeztektonika — noha a pontos mechanizmus leírásában még bizonytalanok — a lánchegységek „felgyűrődését” kompresszióra vezeti vissza. Amióta tektonika létezik, a lánchegységek gyűrt formaelemei a tektonikusokat mindig ilyen módon tévesztették meg. Arról nem is beszélve, hogy mennyi gyűrt, főleg túlgyűrt, áttolt formaelem létezését kell kétellyel szemlélni, ha a szubdukció a leírt izosztatikus zavargásokat létre tudja hozni (és miért ne tudná?), akkor a hegység kiemelkedése a szubdukció megszűntével, a gyűrt formaelemek létrejövetele pedig gravitációs *folyással* megmagyarázható.

Hangsúlyozzuk, ezek csak gondolatok, amelyeknek igazolásához vagy elvetéséhez, és egyáltalában a geotektonikában való továbblépéshez újabb mérési adathalmazra van szükség.

#### IRODALOM

- ÁDÁM A., 1963: A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásviszonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel. Kandidátusi értekezés.
- ÁDÁM A., 1968a: A magyarországi elektromágneses mérések információiról. Geofizikai Közlemények, XVII. 1–2. Budapest.
- ÁDÁM A., 1968b: A felső köpeny elektromos jól vezető rétegének összefüggése a nagytektonikával. Geofizikai Közlemények, XVII. 1–2. Budapest.
- BELOUSSOV, V. V., 1970: Against the hypothesis of ocean-floor spreading. *Tectonophysics*, 9, 6 pp. 489–511.
- BULLARD, E. C., 1964: Continental drift. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 120, 1.
- BULLARD, E. C., 1969: The origin of the oceans. *Scientific American*, 221, 3, New York.
- ČIOCARDEL, R.—ESCA, A., 1966: Essai de synthèse des données actuelles concernant les mouvements verticaux récents de l'écorce terrestre en Roumanie, *Revue Roum. de Geol. Geoph. et Geogr.*, 10, 1. Bucarest.
- DE SITTER, W., 1956: *Structural Geology*, McGraw Hill, New York.
- DE SITTER, W., 1967: *Structural Geology*, Institute of Technology, Cambridge, Mass.
- DRAGAŠEVIĆ, T.—ANDRIĆ, B., 1968: Deep seismic sounding of the Earth's crust in the area of the Dinarides and the Adriatic Sea. *Geoph. Prosp.* XVI. 9.
- GRIGGS, D., 1939a: Creep of rocks. *Journ. of Geol.* 47, 225.
- GRIGGS, D., 1939b: A theory of mountain building. *Am. Journ. Sci.*, 237, 611–50.
- GUTENBERG, B., 1959: *Physics of the Earth's interior*. International Geophysics Series I., Academic Press, New York–London.
- HALES, A. L., 1936: Convection-currents in the earth. *Geoph. suppl. Monthly Not. R. Astr. Soc.* 3, 372–79.
- ISACKS, B.—OLIVER, J.—SYKES, L. R., 1968: Seismology and the new global tectonics, *J. Geophys. Res.* 73, 5855.
- JESSOP, A. M., 1964: Geothermal research in Canada, *Canadian Min. Metall. Bull.*, Ottawa.
- JESSOP, A. M., 1969: Szóbeli közlés, Ottawa.
- LE PICHON, X., 1968: Sea floor spreading and continental drift. *J. Geophys. Res.*, 73, 3661.
- KANAMORI, H., 1970: Seismological evidence for heterogeneity of the mantle. *Journ. Geomagn. Geoelectr.* 22. 1–2, pp. 53–70 Japan.
- KÁRNÍK, V.—RUPRECHTOVÁ, L., 1963: Seismicity of the Carpathian region; *Geofysikální Sborník (Geophysical Bulletin) XII.*, Praha (Prague).
- MENARD, H. W., 1969: The deep ocean-floor. *Scientific American*, 221, 3. New York.
- MITUCH, E., 1968: The DSS results in Hungary. *ELGI Évi Jelentés (Annual Report) 1967*, Budapest.
- PEKERIS, C. L., 1935: Thermal convection in the interior of the Earth. *Geoph. suppl. Monthly Not. R. Astr. Soc.* 3, 343–67.

- PEKERIS, C. L., 1966: The internal constitution of the Earth. *Geophys. J.*, 11, 85.
- POPELAŘ, J., 1968: Gravitáció és izosztázia a Csehszlovák Kárpátokban. *Geofizikai Közlemények*, XVII. 1–2. Budapest.
- PRAUS, O., 1967: Study of the electric conductivity of the Earth on the territory of Czechoslovakia. *Studia Geoph. Geod.* 11, Prague.
- PRESS, F., 1968: Earth models obtained by Monte-Carlo inversion. *Journ. of Geoph. Res.* 73, 16, 5223.
- RITTER, E., 1968: Ergebnisse geomagnetischer Variationsregistrierungen auf dem internationalen tiefen-seismischen Profil VI. in Ungarn. *Acta Geodaet., Geophys. et Montanist., Acad. Sci. Hung.* 3.
- SCHATSKY, N. S.–BOGDANOFF, N. A.–MOURATOV, M. V., 1964: *Tectonique de l'Europe. Maisons d'édition Nauka et Nedra, Moscou.*
- SOLLOGUB, V. B.–PROSEN, D.–MILITZER, H., 1971: Stroenie zemnoi kory tsentralnoi i yugovostochnoi Evropy (po dannym vzyryvnoi seismologii), *Naukova Dumka, Kiev.*
- SOLLOGUB, V. B.–PROSEN, D.–MILITZER, H., 1972: The crustal structure of Central and Southeastern Europe based on explosion seismology. *Geophysical Transactions special edition ELGI*, Budapest. (Reference list)
- SZÉNÁS, G., 1969: The evolution and structure of the Carpathian basin. *Külön kiadvány (KBA), ELGI*, Budapest.
- TELFORD, W. M., 1967: Graphical representation of mantle convection, *Nature* 216, London.
- VENING MEINESZ, F. H., 1952: Convection-currents in the Earth and the origin of the continents. 1. *Proc. Kon. Ak. v. Wetensch. (B)* 55 (5) 527–54, Amsterdam.



# СИСТЕМА КАРПАТ И ГИПОТЕЗЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ\*

Дь. Сенаш\*\*

## Введение

Из международных профилей ГСЗ профили №№ Ш, IV, V и VI пересекают систему Карпат или кончаются в ней. (Рис. 1.)

О результатах, полученных до 1971 г. участники проведенных исследований издали общую монографию (Соллогуб и др., 1971, 1972). Раздел настоящей работы, посвященный вопросам о строении земной коры, опирается прежде всего на эту монографию, а также на данные ранее проведенного венгерского национального профиля ГСЗ (MITSCH, 1968). В основе сведений о строении мантии лежат результаты магнитотеллурических исследований (ÁDÁM, 1963, 1968a, б, 1969; PRAUS, 1967; Ritter, 1968).

Исходные тектонические данные заимствованы из тектонической карты Европы, опубликованной в 1964 г., а также из *Объяснительной записки* к ней (Schatsky и др., 1964), но только для ссылки на них, так как часть этой работы, касающаяся системы Карпат, отражает ошибочный аспект. Однако при составлении рукописи настоящей работы не имелись более современные карты.

В упомянутой монографии содержатся — между прочим — выводы об образовании системы Карпат и о строении ее земной коры. Автор желает указать на то, что к этому вопросу можно подойти и иным образом. Однако, это является только одной из причин, по которым была написана настоящая работа.

Вторая причина заключается в том, что в настоящее время, в эпоху распространения гипотез глобальной тектоники, целесообразно анализировать их местное применение. Этому способствует большой объем нового запаса знаний.

Еще не давно наиболее привлекательной гипотезой *глобальной* тектоники была теория конвекционных течений. В наши дни гипотеза распространения дна океана покорила весь мир. Обе гипотезы будут согласоваться с системой Карпат, довольно хорошо изученной по данным геофизических исследований.

Следует подчеркнуть, что к глобальной тектонике следует подойти глобально и пока еще далеко то время, когда можно будет взяться за маломасштабное локальное применение этой теории.

\*

Под системой Карпат подразумевается Карпатская впадина и окаймляющая ее дуга горных сооружений. Следовательно, сюда входят Карпаты, сопредельная со впадиной часть Альп и Динариды.

Карпаты подразделяются на Внешние или Флишевые, и на Внутренние Карпаты, так как по данным ГСЗ, как это будет видно из нижеследующего, указанные горные массивы резко различаются между собой по строению земной коры. Такое же подразделение действительно для Динарид, но об

\* ЭЛГИ (Геофизический институт им. Этвеша), г. Будапешт. Рукопись поступила 22. V. 1972. г.

\*\* Статья была опубликована на английском языке в вып. 15 журнала *Tectonophysics*, 1972. Elsevier Publ. Co., Amsterdam.

этом излишне говорить, так как югославские геологи уже давно сделали это подразделение. Однако, строение Внутренних Динарид, напоминающее на строение Внутренних Карпат (тонкая или нормальная кора), было выяснено только за последнее время, следовательно, следствия этого обстоятельства еще не могли привлечь должного внимания.

### Геофизическая информация

*Профили № № III и IV* (рис. 2) будут описаться совместно, поскольку они пересекают всю систему Карпат только в своей совокупности.

*Профиль* начинается на Русской платформе, где кора имеет мощность ок. 40 км. Поверхность М постепенно погружается под неогеновым прогибом Карпат. Наиболее значительной глубины — 52 км — эта поверхность достигает под мелово-палеогеновыми Внешними Карпатами. По этому профилю на поверхности Карпатские массивы *внутреннего* типа — более древние мела и не флишевой фации — имеются лишь в весьма узкой полосе. Там, где профиль пересекает эту полосу, мощность коры внезапно уменьшается до 30 км.

Еще на территории СССР профиль доходит до покрытой молодой депрессии. Здесь поверхность М начинает равномерно подниматься и под Венгерской впадиной кора достигает своей минимальной мощности, равной 24 км. Под более глубокими верхнемеловыми-неогеновыми прогибами поверхность М, как правило, характеризуется приподнятым положением. С подъемом основания прогиба поверхность М постепенно погружается и снова достигает глубины залегания равной 30 км. На территории Югославии, во Внутренних Динаридах мощность коры не увеличивается, и на определенном участке — за обнажениями основания Гор Фрушка — наблюдается даже небольшое утонение коры. Наконец, под Внешними Динаридами мощность коры постепенно, а затем сравнительно резко увеличивается до 45 км, чтобы в направлении к Адриатическому морю снова иметь нормальные величины (Dragašević—Andrić, 1968).

По данным ГСЗ поверхность Конрада определяется менее уверенно, чем поверхность М. По спорадическим данным глубина залегания поверхности Конрада характеризуется величинами 16—19 км под Русской платформой, 18—19 под Карпатской впадиной и 14—18 км под Динаридами.

*Профиль № V* (рис. 3) начинается на территории Польши на Подольской платформе, где мощность коры характеризуется средней величиной 40 км. Эта мощность сохраняется под определенной частью передового прогиба, затем, под Внешними Карпатами она увеличивается до 48 км. Там, где профиль, уже на территории Чехословакии, доходит до Внешних Карпат, обнажающихся на поверхности здесь уже в широкой полосе, и возвышающихся на значительные высоты с резким подъемом поверхности М (13 км), мощность коры уменьшается до 35 км. Подъем равномерно продолжается и, на территории Венгрии, в антикорреляции с погружением основания впадины, мощность коры уменьшается до 26—27 км.

В пределах Карпат, т. е. в районах характера впадины, поверхность М представлена двойным горизонтом. Расстояние между этими горизонтами составляет, в большинстве случаев, 1—2 км. Более интенсивные сейсмические волны получаются то от нижнего, то от верхнего горизонта.

Поверхность Конрада прослеживается только начиная от Внутренних Карпат и то только спорадически. Глубина ее залегания, независимо от глубины залегания поверхности М и основания впадины, составляет 19—20 км.

Профиль VI (рис. 4) берет свое начало на территории ГДР, на интраплатформенной Тюрингской впадине, более древней третичного возраста и характеризующейся мощностью земной коры равной 29—30 км. В г. Цвикау профиль пересекает варисцийские остатки, где кора начинает утолщаться, а затем, пересекая государственную границу с Чехословакией, он проходит через Чешский массив с мощностью коры 35—40 км. В Предкарпатском прогибе и в флишевой зоне Внешних Карпат, отличающихся значительной узостью, кора сохраняет свою мощность равную 35 км. Затем профиль пересекает Венскую впадину. Здесь кора начинает утоньшаться, достигает величины 28 км и ее мощность не превышает эту величину даже под Малыми Карпатами *внутреннего* типа.

За Малыми Карпатами мощность коры уже не доходит до 30 км. В районе с. Леткеш профиль пересекает государственную границу с Венгрией и почти вплоть до государственной границы Румынии он проходит через территорию характеризующуюся мощностью коры равной 26—27 км.

По участку профиля VI в пределах депрессии поверхность М представлена местами также двойным горизонтом. Поверхность Конрада выделяется и здесь только спорадически. Там где она выделяется, глубина ее залегания составляет около 20 км; под флишевой зоной Карпат она залегает несколько глубже, а под впадиной — несколько выше.

Одной из интересных особенностей профиля № VI является то, что так называемый Чешский плутон, слагающийся границами и различными иными метаморфитами, характеризуется скоростью распространения сейсмических волн 6,1 км/сек. на поверхности. Это само собой, но особенно в совокупности с анализом волновой картины, свидетельствует о том, что так назыв. гранитный слой коры поднимается на поверхность в чешском плутоне.

Венгерский *национальный профиль* субмеридиональной ориентации (рис. 5) пересекает Задунайскую область диагонально. Он начинается в заполненной мощной неогеновой толщей впадине Малой венгерской низменности, связанной с Венским бассейном (у г. Фертёсентмиклош), в районе, где кора имеет мощность 25—26 км. Приближаясь к Задунайскому Среднегорью, имеющему в своей общей массе возраст более древний верхнего мела, мощность коры начинает увеличиваться: под горами Баконь она достигает величин 29—30 км. В Венгрии эта величина соответствует максимальной известной мощности коры. Юго-восточнее гор Баконь, где горные породы, более древние верхнего мела снова погружаются под третичную толщу, имеющую все увеличивающуюся мощность, кора опять утоньшается. В наиболее глубокой части депрессии кора имеет наиболее малую мощность: 24—25 км. Приближаясь к горам Мечек-Виллань, основная масса которых представлена также горными породами, более древними чем верхний мел, мощность снова увеличивается. В конце профиля, около с. Давод, мощность коры составляет 26—27 км.

По описываемому профилю поверхность М имеет также двойной характер, а под горами Баконь даже в интервале до 5 км от нижнего горизонта М из мантии получают короткие границы раздела. Сплошность двух горизонтов М, а также интенсивность получаемых от них волн изменяются.



Поверхность Конрада выделяется здесь более уверенно по сравнению с международными профилями; она характеризуется сравнительной выдержанностью глубины залегания, равной 19—20 км. (С полной уверенностью нельзя утверждать, что часто упомянутая спорадичность поверхности Конрада является объективным фактом. Возможно, что это связано только с системой наблюдений.)

Другой метод, дающий существенную геофизическую информацию, — это магнитотеллурический метод.

Хорошо проводящий слой верхней мантии, соответствующий слою пониженных скоростей (*LVL*; Гутенберг, 1959) и *астеносфере* в теории плиточной тектоники (ÁDÁM, 1963; PRESS, 1968; ISACKS и др., 1968; KANAMORI, 1970) залегает под Паннонской впадиной в среднем на глубине 60—80 км.

Указанная зона была выделена как по данным венгерских и чехословацких обзорных исследований, так и в результате полевых магнитотеллурических зондирований (ÁDÁM, 1963, 1968a, б; PRAUS, 1967).

Средняя глубина залегания хорошо проводящей зоны, равная 60—80 км, имеет большое значение, поскольку это указывает на аномальность литосферы на этой территории с одной стороны, и заведомо исключает возможность литосферической субдукции теперь и в прошлом (по крайней мере с мезозоя), — с другой.

Однако, эти сведения (и любые другие геофизические информации) могут оцениваться только при сопоставлении системы Карпат с другими регионами.

### Геолого-геофизические параметры тектонических элементов земного шара

По аспекту плиточной тектоники тектоническими элементами первого порядка являются *плиты*. Тектонические элементы второго порядка представлены *океанами* и *континентами*. В пределах континентов различаются — как тектонические элементы третьего порядка — древние *кристаллические щиты*, *платформенные области*, *древние (каледонские, варисийские) горные цепи* и *молодые (альпийские, циркумпафичские) горные цепи*.

Продукты горообразования возрастом более древним каледонского, в настоящее время либо входят в древние щиты, либо представляют собой кристаллический фундамент платформенных областей. Во многих отношениях это касается и продуктов каледонского цикла. Однако, основная часть варисийских остатков (напр. Алтайды) выступает так высоко и тектонически является почти такой же живой, как дуги молодых горных цепей, окаймляющие весь земной шар.

Система Карпат складывается, в основном, тектоническими элементами третьего порядка: Альпами, Динаридами и Карпатами. Карпатская впадина представляет собой тектонический элемент четвертого порядка.

В таблице I представлен сравнительный геофизический анализ вышеуказанных элементов. Содержащиеся в таблице параметры являются статистическими. Жесткие подразделения служат более правильному пониманию, но в то же время даем себе отчет в том, что природа, по всей вероятности, не классифицирует *так* жестко.

## Образование и строение системы Карпат

По геофизическим данным (Stocardel-ESCA, 1966; Соллогуб, и др. 1971, 1972) Внешние Динариды, Альпы, Внешние Карпаты и передовой прогиб Южных Карпат окаймляют окруженную впадину каркасом с сравнительно мощной корой. Средняя мощность коры самой впадины, т. е. впадины, заполненной верхнемеловыми-неогеновыми толщами, составляет 25 км. Минимальная мощность коры в каркасе равна 35 км. Следовательно, низы коры впадины образуют замкнутый купол, минимальная высота выпуклости которого равна 10 км.

Причины и способ утонения коры не известны нам. Однако, по некоторым фактам можно делать вывод о том, что кора — каким то образом — утоньшилась *снизу*. Такие факты следующие: Поверхность Конрада находится на расстоянии от земной поверхности, отклоняющемся от нормального в такой мере, которая соответствует мощности осадочной толщи, следовательно, эта поверхность погружалась вместе с теперешним основанием впадины\*; в связи с этим поверхность М находится ближе не только к земной поверхности, но и к разделу Конрада, следовательно слой габро имеет особо малую мощность. Повидимому поверхность М достигла своего приподнятого положения каким то образом именно за счет этого слоя.

Поднятие поверхности М привело к изостатическому неравновесию, что могло компенсироваться корой только путем погружения ее верхней части, т. е. путем образования впадины.

Тем самым можно определить *способ* образования впадины и *время* утонения коры.

Образование впадины должно связываться с утонением коры, так как на тонкой коре впадина может формироваться только пассивным погружением, стремясь к изостатическому равновесию, соответствующему новому положению (распределению масс), вызванному утонением коры.

Следовательно, начало утонения коры предшествовало образованию впадины в незначительной мере. Если впадина (согласно данным глубоких скважин) начала погружаться в верхнемеловом периоде, то начало утонения коры можно приурочить с хорошим приближением ко второй половине нижнего мела.

Это как раз совпадает с активным прогибанием коры внешних Карпат (носившим геосинклинальный характер, утолщение; Szénás, 1969), что привело, кроме замыкания открытого до тех пор купола низов коры, к растягивающему усилию действовавшему на кору впадины. В результате этих усилий коровая плита претерпела (могла претерпеть) разрывные нарушения, причем отдельные блоки коры — как об этом свидетельствует антикорреляция основания и поверхности М — самостоятельно достигли изостатической компенсации локального характера.

Этот процесс продолжался с конца нижнего мела до конца плиоцена (рис. 6), но периодически, постепенно. Крупные разрывы ослабленной коры были временно закупорены базальным вулканизмом конца нижнего мела, в связи с чем блоки коры «сваривались». Об этом явно свидетельствует общеизвестная

\* В принципе поверхность Конрада должна быть параллельной основанию впадины. В связи с спорадичностью данных это видно недостаточно ясно; однако, факт, что она залегает на ненормально большом расстоянии от современной земной поверхности.



картина магнитных аномалий впадины. В то же время эоценовый, олигоценый, миоценовый вулканизмы, а также колебательное погружение впадины ускорившееся и становившееся более равномерным в плиоцене, указывают на то, что независимо от вида напряжений, поддерживавших данный процесс, временами эти напряжения накопились в такой мере, что они привели к реэвэнации разрывов и ко все новой и новой активизации вулканического механизма\*, в конечном счете к формированию теперешней Карпатской впадины.

В связи с антикорреляцией между основанием и поверхностью М возникает вопрос, почему низы коры не везде в одинаковой степени сместились вверх?

Ответа на этот вопрос не имеем, но было бы странно, если бы поверхность М была совершенно ровной.

Погружение впадины и осадконакопление начались, как уже было сказано, в верхнем мелу. Во Внешних Карпатах погружение и накопление осадков начались немного раньше — в конце нижнего мела. Значительная часть верхнемеловой-палеогеновой толщи впадины напоминает по своей фации на флиш Внешних Карпат. В литературе так и об этом говорится, несмотря на то, что между этими двумя толщами имеется большая разница по тектонике: верхнемеловой прогиб впадины накопил свои осадки на *утопшающейся*, а прогиб Внешних Карпат — на *утолщающейся* коре. О различной тектонической жизни свидетельствует и то, что на границе палеогена с неогеном — в саванской фазе — осадкообразование флишевой зоны Внешних Карпат прекратилось. Горный массив поднялся и его кора осталась *мощной* и до наших дней (рис. 2). В то же время в впадине погружение и осадкообразование продолжались и даже всемерно интенсифицировались в неогене. Кроме того кора впадины осталась *тонкой* (рис. 2, 3, 4, 5).

Тектонические движения, вызвавшие образование Карпатской геосинклинали и формирование впадины, могут быть приурочены к альбскому ярусу, ко времени австрийской фазы складчатости. В связи с этим неоднородная толща (от докембрийских до нижнемеловых отложений), погружившаяся после нижнего мела, допустив тем самым накопление осадочных отложений впадины, называется *доавстрийским основанием*. Последнее имеет магматические, метаморфические и осадочные составляющие. Однако, *доавстрийские* осадочные отложения значительно различаются от *послеавстрийской осадочной толщи впадины*, как по своим фациям, так и по степени нарушенности.

Там, где поверхность М не поднялась, доавстрийское основание находится в приподнятом положении в связи с изостатической антикорреляцией. Местами оно обнажается на дневной поверхности и даже возвышается на значительные высоты. Третичные отложения, перекрывающие местами блоки основания, обнажающиеся на поверхность Земли, показывают, что это изостатическое состояние было достигнуто за счет многократных колебательных движений.

Все составляющие нашего среднегорья с возрастом более древним верхнего мела, представляют собой наземное основание.\*\* По данным ГСЗ Внутренние Карпаты, а по тектонической аналогии также Южные Карпаты и комплекс горных массивов Бихор, должны также рассматриваться как таковые. Тонкая кора Внутренних Динарид подтверждает, что данный район входит сюда же.

\* Упомянутая картина магнитных аномалий указывает и на то, что все новые и новые генерации вулканизма проявлялись в основном на месте старых.

\*\* Интересно, что это подтверждается и результатами разведочной геофизики. Везде, где межгорье погружается под поверхность, *отарный горизонт* сейсмо- и электроразведочных наблюдений, проведенных по его краям или бухтам, нигде не поднимается выше аптских или альбских образований.

Между геофизическими параметрами основания Карпатской впадины и Внутренних Карпат (или Внутренних Динарид) имеются лишь разности, обуславливающиеся разностью их высотных отметок.

По каким то неизвестным причинам, связанным с строением коры или мантии, Внутренние Карпаты и смежные с ними структурные элементы, имеют более мощную кору, следовательно, они остались в более приподнятом положении (или поднялись более высоко), по сравнению с их эквивалентом в впадине: с погруженным доавстрийским основанием. Однако, сравнительно более значительная мощность их коры не имеет характер горных цепей и никакие геофизические параметры не указывают на такой характер.

Карпатская впадина является не молодой, третичной, как это общепринято думать, а послеавстрийской, т. е. *верхнемеловой* — третичной. В литературе Карпатская впадина (обычно не подчеркивается, но вероятно подразумевается только ее основание) именуется по различному: Паннонским массивом, Паннонским блоком, срединным массивом, *Zwischeng birge*, Тисия. В свете вышеизложенного во всех этих названиях существует какой-то элемент, вводящий в заблуждение. Именно поэтому мы всегда употребляем простое название «*Карпатская впадина*».

Карпатская впадина, если поверхностно смотреть на ее тектоническое положение, кажется межгорной впадиной. Но фактически она не является таковой, так как она разделяет два независимых друг от друга и по возрасту также полностью не коррелирующихся горных сооружений: Внешние Динариды и Внешние Карпаты. Карпатская впадина представляет собой особую, замкнутую, молодую депрессию с тонкой корой, которая пока не поддается зачислению в установленную систему тектонических элементов.

С прогибом Черного моря она не может сопоставляться (SOLLOGUB и др., 1971, 1972), поскольку там произошло утонение, местами даже почти исчезновение гранитного слоя, следовательно там имеет место «океанизация», «базификация», а здесь нет (BELLOUSOV, 1961).

В соответствии с вышеизложенным, массивы Карпат связаны с Альпами, собственно говоря, только в флишевой зоне и в северном передовом прогибе. Если проанализировать вподряд сейсмические разрезы III—IV, V и VI, даже эта связь становится спорной, так как тектонические жизнепроявления Карпат (мощность коры, нарушенность, высота) становятся *менее интенсивными* при приближении к Альпам, в то время, как фактически с приближением к «материнской горной цепи» они должны бы *интенсифицироваться*.

Система Карпат — как горный каркас, так и внутренняя впадина, — представляет собой необыкновенный тектонический элемент. Это само собой достойно внимания. Но здесь важнее то, что благодаря этой особенности, она очень хорошо может использоваться как локальная *модель* для проверки всякой глобальной концепции.

### „Применение” теории конвекционных течений и плиточной тектоники к системе Карпат

*Теория конвекционных течений* была разработана выдающимися исследователями (напр. REKERIS, 1935; HALES, 1936; GRIGGS, 1939a, б; VENING MEINESZ, 1952; и т. д.) и подвергнута сомнению также выдающимися исследователями (напр. DE SITTER, 1956, 1967; PRESS, 1968 и т. д.).



Противники теории — еще до распространения теории плиточной тектоники — показали, что о вовлеченных параметрах конкретно, по данным измерения, ничего не известно; что мелкомасштабные цепи не могут быть источниками эндогенной энергии; что существование по всей мантии крупных цепей токов невозможно за счет сейсмогеологических разрывных поверхностей мантии и предполагаемых физико-химических параметров мантии; что временное и пространственное распределение горных цепей (их цикличность) не согласуется ни с моделью Григгса (1939а), ни с температурным градиентом между океанами и континентами, представляющим собой предпосылку теории.

Если все же использовать эту теорию применительно к Карпатам, то в первом приближении необходимо забыть об этих возражениях.

Окружающие впадину горные массивы являются неоднородными как генетически, так и тектонически и стратиграфически. Невозможно связывать происхождение *всех* этих гор с единственным механизмом конвекционных течений. Поэтому отдельные массивы будут анализироваться раздельно. В соответствии с моделью Григгса (1939а) проблема будет аппроксимироваться с таким расчетом, чтобы под каждой тектонически связанной зоной каждого массива было два противоположно вращающихся конвекционных течения, сначала всасывающих, затем отпускающих кору. *Всасывание* это ничто иное, как геосинклинальная стадия, когда кора внизу как-бы пускает корни в мантию (т. е. что-то «всасывает» ее), а наверху она прогибается в виде впадины осадконакопления. После *отпуска* всесенная кора снова поднимается и приподнимает отложившиеся между тем на поверхность прогиба вещества (по-страдавшие между тем ряд физико-химических эффектов) в виде гор. Если мы допускаем всасывание, то восстановительное поднятие уже не проблематично, так как всосанный корень по всей вероятности изостатически переопустился и как только он освободился, стремился к восстановлению своего равновесия. Само собой разумеется, что первоначальное положение, именно в связи с отложившимися между тем осадками, уже не может быть достигнуто. Несмотря на то, что заполнение геосинклинали возвышается высоко над поверхностью Земли, в мантии сохраняется корень, пропорциональный массе гор. Как раз поэтому теория конвекционных течений имеет суггестивную силу, так как вторая часть рассуждения логически правильна и кроме того геофизически подтверждается.

Одним из элементов дуги горных цепей, окружающих Карпатскую впадину, является массив Альп. Их зоны и циклы в истории развития Земли охватывают периоды от докембрия до неогена.

Другим элементом являются массивы Внешних Динарид,\* охватывающих интервал от триаса до неогена.

Третий член — это Карпаты (Внешние Карпаты), с длительностью от конца нижнего мела до палеогена (вместе с передовым прогибом — до неогена).

В общих чертах в пределах Альп различаются древнее, доальпийское кристаллическое «ядро», две (варисийских) евгеосинклинальных зоны, две альпийских миогеосинклинальных зоны, одна флишевая зона, один передовой прогиб и одна молассовая депрессия. Массив Альп, за исключением флишевой зоны, оказывается двусторонне симметричным. Северный передовой прогиб «компенсируется» на юге молассовой депрессией равнины По.

\* Из-за мощной коры только Внешние Динариды могут рассматриваться как горные цепи.

Внешние Динариды имеют флишевую зону, а также молассовую депрессию (сравнительно большое количество базальных магматитов Внутренних Динарид, хотя такие имеются и в основании Карпатской впадины, не имеет значение с точки зрения рассматриваемой темы). Динариды представляют собой по сути дела, односторонний массив.

В также односторонних Внешних Карпатах имеются тоже только флишевая зона и передовой прогиб. Карпаты не имеют молассовой впадины. Из вышеизложенного следует, что несмотря на поверхностное сходство, Карпатская впадина не может рассматриваться как молассовая впадина.

В Альпах, под теперешним «ядром», еще до варисцийской складчатости, и даже, по всей вероятности, в докембрии, должна была существовать пара нисходящих конвекционных течений. Когда это остановилось, корень древних Альп освободился и приподнялась теперешняя кристаллическая «ядерная гора». Если принять концепцию пассивного, вертикального, изостатического поднятия, то получается такая не слишком сложная картина. Однако, если для возвышения горных цепей требуется допустить и горизонтальное сжатие, то все становится более сложным, поскольку конвекционные течения следует не только приостановить, но и снова запустить.

Датировать и подразделить докембрийскую складчатость вовсе или почти невозможно. Однако, факт, что один докембрий охватывает более длительное время, чем весь лучше определенный фанерозой. Следовательно, описанный процесс мог, в принципе, несколько раз повторяться еще до каледонских движений, а в рамках варисцийской складчатости он обязательно повторился.

Во всяком случае в верхней перми механизм нисходящего течения снова заработал. Для Альп, в связи с двусторонней симметрией, с варисцийского времени необходимо предполагать существование двух ветвей, вращавшихся вокруг двух параллельных осей, которые всосали корень или корни, а затем остановились.

Последнее приостановление и освобождение корней происходили в конце нижнего мела. Тогда горная цепь снова поднялась и «ядерная гора» окаймлялась теперь уже с обеих сторон варисцийско-альпийским массивом.

После этого система сильно вытянутых двойных цепей, вращавшихся в противоположном направлении, объединилась, скользнула под флишевую зону и там тоже выполнила описанную операцию. Всасывание произошло в нижнем мелу, а освобождение — в конце палеогена.

Тогда механизм или полностью приостановился, или же переместился под равнину По. Последняя имеет, в основном, мощную кору. Можно допустить, что впадина осадконакопления равнины По, — в отличие от Карпатской впадины, — образовалась не за счет пассивного, изостатического погружения.

В флишевой зоне Внешних Динарид альпийский механизм не мог действовать, или если он действовал, цепи течений должны были вращаться около совершенно преломленной оси.

Когда во Внешних Динаридах цепи течений еще работали, другая пара ветвей, на 400 км севернее, стремилась всасывать корень Внешних Карпат.

Судьба пары динарских ветвей в неогене неизвестна. Кора молассовой впадины Динарид не свидетельствуют об эффекте всасывания; в основном она имеет нормальную мощность (DRAGAŠEVIĆ ANDRIĆ, 1968).



В то же время в неогене пара Карпатских ветвей переместилась к северу и всосала кору северного Предкарпатского прогиба. Кора этого прогиба имеет большую мощность и в настоящее время (рис. 2).

Все вышеизложенное представляет собой лишь ограниченную детализацию. Во всех рассмотренных элементах ряд несогласий свидетельствует о том, что на самом деле кора выполняла гораздо больше колебательных движений.

И так, применение теории конвекционных течений к системе Карпат приводит к физическим и геологическим абсурдностям. Это в данном случае, на наш взгляд, говорит не только против локального применения теории, но и против конвекционных течений, ведь рассмотренные горные массивы несомненно существуют, в то время, как подобные системы токов, конечно, не могли существовать.

Если теория конвекционных течений, в своей глобальной размерности, оказалась несостоятельной, то даже нельзя думать о ее местном применении к Карпатской впадине, тем более, что последняя характеризуется малыми размерами.

\*

Недавно разработанная теория плиточной тектоники или раздвига дна океана (BULLARD, 1964, 1969; LE PICHON, 1968; ISACKS и др., 1968; MENARD, 1969 и т. д.) распространялась с быстротой молнии. Тектонисты, в основном, приняли ее во всем мире, так как эта теория дает объяснение на больше явлений, по сравнению с любыми предыдущими теориями. Это и не удивительно, ведь в основе ее концепции лежат современные геофизические (в основном палеомагнитные, сейсмологические, магнитотеллурические и геотермические) данные. Однако VELOUSSOV (1970) выразил серьезные сомнения в связи с этой теорией. Он считает недостаточным объем геофизических данных, входящих в основу теории, считает поспешной их глобальную экстраполяцию и перечисляет множество фактов, противоречащих теории.

Факт, что нельзя отрицать существование пояса землетрясений фокусом 600—700 км, полностью окружающего весь земной шар. А кроме палеомагнитной «полосатости» именно этот факт является основным аргументом теории плиточной тектоники. В дальнейшем будет предполагаться, что детали известны читателям, но эти слова были написаны для того, чтобы сделать ощутимыми размерности.

Пока сами основатели теории проявляют определенную сдержанность в своих выводах. Они не принимают на себя локальное применение теории. И это было бы трудно, так как по аспекту плиточной тектоники само горообразование может объясняться только очень схематично, иногда даже противоречиво (напр. BULLARD, 1969 и MENARD, 1969).

Тем не менее мы теперь забудем о недостатках теории плиточной тектоники точно также, как о недостатках гипотезы конвекционных потоков и в порядке опыта теория будет применяться к системе Карпат. Сущность заключается здесь, конечно, не в критике плиточной тектоники, и мы подвергаем сомнению возможность локального, мелкомасштабного поспешного применения теории (напр. субдукционная зона реки Марош, или «семиактивная зона надвигания», влияющая на строение метро в г. Будапеште!) и мы хотим предотвратить подобные подходы.

Система Карпат располагается на одной из шести-восьми крупных плит, слагающих литосферу Земли (LE PICHON, 1968; BULLARD, 1969), а именно, в пре-

делах евразийской плиты (рис. 7). *Центром* или *концом раздвига* этой плиты является Атлантический гребень. *Основная грань* находится где-то в Тихом океане. Ее северная граница доходит до Арктики, а южная граница представлена северным краем Африки\*. Любая из ее границ находится на тысячи километров от системы Карпат. Если уменьшить эту плиту в правильном масштабе, то можно себе представить парафиновую пластинку толщиной в 1—2 мм, площадью 300 см<sup>2</sup>, на которой система Карпат занимает площадь не более 1 см<sup>2</sup>.

LE PICHON и BULLARD (упомянутые работы) утверждают, что эта плита начала разорваться от северо-американской плиты только в верхнем мелу и существующая конфигурация континентов и океанов сформировалась в третичном периоде.

В настоящее время в пределах плиты — за исключением системы Байкальских грабенов — нет никаких следов формирования нового центра раздвига. О домеловом раздвиге ничего не известно.

Следовательно, Альпы уже могут быть исключены из последнего этапа раздвига, вызвавшего образование Атлантического океана, поскольку Атлантический океан еще не существовал, т. е. евразийская плита еще не начала двигаться, когда Альпы уже имели в основном теперешнюю конфигурацию и строение. (Все это, конечно, касалось бы также и Внутренних Карпат и Внутренних Динарид, но они не являются горными цепями, несмотря на то, что большинство тектонистов, начиная от Штилле до сего дня, думает иначе.)

Образование Внешних Динарид, Внешних Карпат и Карпатской впадины началось несколько раньше, чем разрывание евразийской и американской плит. Если бы раздвиг начался раньше, чем погружение самой геосинклинали Карпат, то можно было бы искать косвенную каузальную связь между этими явлениями. Однако, поскольку началу атлантического раздвига предшествовало даже погружение впадины осадконакопления Карпат (конец нижнего мела), такая связь весьма невероятна: Карпаты не нуждались в раздвиге для того, чтобы формироваться. Это подтверждается и реконструкцией палеогеографической картины района для верхнего мела: вблизи Карпат не существовала обстановка, характерная для открытого моря, глубокого моря, океана.

Что касается существующего положения, хватит сказать, что механизм раздвига, там где он существует, работает и в настоящее время. Геофизические параметры раздвига (напр. сейсмичность) общеизвестны. В Карпатской впадине нет никаких следов этого.

Теория плиточной тектоники не особенно пригодна применительно к горообразованию. В то время, как для образования глубоководных грабенов и части геосинклиналей она кое-как дает объяснение, горообразование она объясняет только схематично или противоречиво, или вовсе не дает объяснения. Кроме того цикличность (в пространстве и времени) горных цепей, фазы их образования, отражающиеся на горных породах, образование флиша, платформенная тактоника, а также ряд локальных или частных явлений геотектоники точно также не находят объяснения в теории раздвига, как и в теории конвекционных течений.

\* Буллар — по всей вероятности из-за сейсмичности — помещает неуверенную (незаконченную) полосу столкновения также на юго-западном краю Динарид. Однако, направление смещения плиты почти параллельно Динаридам; следовательно, тут не может идти речь о столкновении, в крайнем случае только о трении.



Если отказаться от роли раздвига в происхождении Карпат, то одновременно мы утверждаем, что горные цепи (или определенные их типы) могут образоваться (и) независимо от раздвига.

Евразийская плита (если она существует), уже давно двигавшаяся в верхнем мелу и в третичном периоде, могла каким-то образом, косвенно, влиять на развитие системы Карпат. Однако, поскольку она не играла роли в *происхождении* Карпат и Карпатской впадины, теорию плиточной тектоники нельзя было бы применять к этому региону даже в том случае, если бы впрочем можно было применять *глобальную* тектонику к мелким местным явлениям.

\*

В заключение хотелось бы поднять некоторые пренебреженные до сих пор мысли, касающиеся как теории плиточной тектоники, так и системы Карпат.

Плиты коры плавают на верхней мантии, а литосфера плавает на той части верхней мантии, верхняя часть которой представляет собой астеносферу.

Континентальная литосфера имеет наглядно, систематически бóльшую мощность (табл. 1), по крайней мере статистически, чем океаническая. Континенты приподнимаются из литосферы, континентальная литосфера погружается в астеносферу более глубоко, чем океаническая. Известно, что кора изостатически компенсируется в мантии. Конфигурация литосферы сильно напоминает на это. Кажется, что литосфера, вместе со своей коровой составляющей, компенсируется в астеносфере. О физических параметрах, господствующих на границе литосферы с астеносферой, кроме скорости сейсмических волн и удельного электрического сопротивления, конкретно, по данным измерения, ничего не известно. Следовательно, не было бы полезным «подтвердить» это утверждение на вычислениях, основывающихся на неизвестных величинах. Однако, стоит задуматься над этим фактом, проводить соответствующие исследования и изучать «неконтинентальное» поведение мантии под горными цепями и под Карпатской впадиной а также ее зоны пониженных скоростей. Никакой физической закон не требует существования в верхних поясах Земли только *единственной изостатической системы*.

Другую мысль подсказывает сама Карпатская впадина. Образование впадины объясняется нами приподнятием низов коры и следующей из этого изостатической компенсацией: погружением поверхности. Изостазия не представляет собой источник активной тектонической энергии. Однако, если любой из блоков коры теряет свое изостатическое равновесие, то стремление к восстановлению равновесия становится источником энергии и изостатическое поднятие нельзя различить от любого другого вида поднятия (если существует таковое). Если действительно существуют две изостатические системы и низы литосферы по какой-то (пока совершенно неизвестной) причине поднимаются выше (разрушаются, изменяются их физические параметры, граница фазового перехода смещается выше, перед началом субдукции, перегибаются, и т. п.), то верхи коры тоже должны опуститься. Однако, в таком случае вместе с земной поверхностью погружается не только поверхность Конрада, но и поверхность М.

С другими словами: смещение низов коры вверх приводит к образованию впадины, а смещение низов литосферы вверх — к образованию геосинклинали. В то же время погружение поверхности М вызывает некомпенсированность в изостатической системе мантия-кора, которая, в свою очередь, должна,

ранее или позднее, компенсироваться в повторном поднятии и горообразовании.

Теория плиточной тектоники — хотя и пока колеблется в отношении описания точного механизма — возводит «смятие в складки» горных цепей к сжатию. С тех пор, как тектоника существует, складчатые элементы горных цепей всегда ввели тектонистов в такое заблуждение. Не говоря уже о том, существование какого множества складчатых, главным образом перемятых, передвинутых форм-элементов должно рассматриваться с сомнением, если субдукция может вызвать описанные изостатические нарушения (и почему она не могла бы?); то возвышение гор может объясняться прекращением субдукции, а формирование складчатых элементов — гравитационной *текучестью*.

Следует подчеркнуть, что вышеизложенное представляет собой только мысли, для подтверждения или отклонения которых и, вообще, для продвижения в геотектонике, требуется иметь дополнительный объем данных.

G. SZÉNÁS

### THE CARPATHIAN SYSTEM AND GLOBAL TECTONICS

Recent geophysical achievements, especially international (and national) seismic crustal profiles traversing the Carpathian system, have thrown a new light upon the evolution and lithospheric structure of this peculiar, closed tectonic unit. One of the aims of this paper is the demonstration of the new ideas based on the new results.

The other aim is an analysis of global tectonic hypotheses in a special manner: is it possible and is one entitled, in the possession of our present meagre knowledge, to apply *global* concepts to local tectonic elements? Convection current hypothesis and modern plate-tectonics are tentatively applied to the Carpathian system. The failure of these "applications" shows the hasty nature of such sporadic endeavours. In the meantime, however, certain defects of tectonic hypotheses come inevitably to light as well.

### ERRATA

The Figures of pp. 37—46 and pp. 79—89 in Vol. XX. 3—4. are, sorrily, interchanged without, however, the captions.

### HELYRE

A XX. köt. 3—4. számának 37—46. 1. ábrái, illetve a 79—89. lapokon levő ábrákkal sajnálatosképpen felcserélődtek, de a 79—89. lapokon levő ábrafeliratok eredeti helyükön maradtak.

### ПОПРАВКА

В №№ 3—4 вып. XX. допущена перемена рисунков стр. 37—46 на рисунки стр. 79—89, но подписи находятся на правильных местах.



Geofizikai-földtani paraméter	Tektonikai egység	Óceán	Kontinens				Külső-Kárpátok (flis-öv)	Belső-Kárpátok (a Déli-Kárpátokkal)	Kárpát-medence (a Belső-Kárpátok nélkül)
			Ósi pajzs	Táblás vidék	Régi (pl. variszkuszi) lánchegység	Fiatall (pl. Alpi) lánchegység			
Bouguer anomália szint és jelleg; izosztatikus állapot	pozitív, szabálytalan; kompenzált; kivéve a rift valley-ket	semleges, szabálytalan; kompenzált	semleges; szabálytalan; kompenzált, kivéve a kontinentális rift valley-ket	negatív, vonalas, nem feltétlenül kompenzált (ha igen: regionálisan)	erősen negatív, vonalas; nem kompenzált (ha igen: regionálisan)	erősen negatív, vonalas; aszeizmitásából ítélve kompenzált (regionálisan)	semleges, szabálytalan; lokálisan kompenzált (Popelař, 1968)	semleges, szabálytalan; kompenzált; az aljzat-tömbök lokálisan kompenzáltak	
Mágnesség és mágn. anomália eredete és jellege	bázisos, ultrabázisos köpenyanyag (rift valley-ből); poz., neg., szab., remanens	kristályos összet.; indukált; regionális; szabálytalan	kristályos alaphg. elszigetelt vulkáni testekkel; főleg indukált, regionális, szabályt.	bázisos vulkánitok; néhol szabályos, vonalas; főleg remanens	bázisos vulkánitok; néhol szabályos, vonalas; remanens	vulkanikus lényegében nincs; kristályos alaphegység: indukált; gyenge; szabálytalan	szórványos, mezozóos bázisos, de főleg harmadidőszaki, erős, többnyire neutr. vulkánizm.; néhol szab., vonalas; remanens	az aljzatban mezozóos bázisos, a medenceösszben harmadidősz., főleg neutr. vulkánit. erős; szab., von. reman.	
Hőáram ( $\mu\text{cal}/\text{cm}^2$ )	> 1,5 (a mérések 90%-a ide, főleg a hátságokra esik; Telford, 1967)	~ 1,0 (Jessop, 1964, 1969)	elvileg a világátlag: 1,5; intraplatform rift valley-k körül > 1,5	> 1,5	> 1,6	nincs megbízható adat; valószínűleg > 1,5	nincs megbízható adat; valószínűleg > 1,5	nincs megbízható adat; a hőmérséklet — cirkuláló meleg vizek miatt — anomális (konvektív hőszáll. uralkodik)	
Szeizmitás	a hátságokon erős, $M > 7$ ; mélytengeri árkokban erős, $M > 7$ ; rift valley-k $M < 7$	aszeizmikus	aszeizmikus, kivéve a rift valley-k környékét	elvileg lecsengő; kompenzáltság fokától függ; néhol (pl. Altaidák): erős	erős: $M$ néha > 7	lényegében aszeizmikus (Kárnik-Ruprechtová, 1963)	aszeizmikus	aszeizmikus	
Kéregvastagság (Moho mélys.)	0–10 km	35–45 km	35–40 km	50–70 km	50–80 km	45–55 km	30–35 km	24–30 km	
Litoszféra vastagság, ill. asztenoszféra mélység (Kanamori, 1970)	70–100 km	asztenoszféra (LVL) hiányzik (nagyon mély?)	~ 200 km	> 100 km	~ 100 km	ismeretlen; valószínűleg < 100 km	ismeretlen; valószínűleg 60–80 km	60–80 km (ÁDÁM, 1968a)	
Kor	atlanti: felső kréta (Bullard, 1969)	prekambrium	a kristályos alaphegység fölött elvileg a teljes fanerozoikum	kambrium — szilur (Kal.), devon — alsó perm (Var.)	felső perm — neogén	alsó kréta — paleogén; elősülly.: neogén	prekambrium — alsó kréta	medencealjzat: prekambrium — alsó kréta; medenceösszlet: felső kréta — neogén	
A felszín morfológiája	hátságok, árkok, platók, guyot-k	sima vagy penneplain; erodált	erodált; mesa-k, cuesta-k, escarpment völgyek, butte-k	általában magas, tagolt (a kaledóniai többnyire lepusztult)	magas, tagolt	középmagas; főleg tagolt	főleg magas, tagolt	többségében alacsony, sík vidék (l. a köv. tételt)	
A felszín szerkezete	rift valley-k, transform faultok, vulkáni kúpok	töréses, ősi gyűrődés nyomaival	közel vízszintes; főleg töréses, enyhe hajlott formákkal	gyúrt, ill. folyásos, kissé lepusztulva	gyúrt, ill. folyásos	gyúrt, ill. folyásos	töréses, pikkelyes	medencealjzat kibúvások: töréses, pikkelyes; medenceösszlet: közel vízszintes algyűrődésekkel	
Általános közettani, faiológiai jelleg	bázisos, ultrabázisos effúzívumok, kevés üledék	kristályos, gránitos (átalakult)	a kristályos alaphegység fölött heterogén üledékes összet.	heterogén geoszinklinális fáciesek	heterogén geoszinklinális fáciesek	üledékes, klasztikus (flis-fácies); elősüllyedék: molassz	heterogén (magmás, üledékes, átalakult), változatos fáciesekkel	medencealjzat: heterogén (magmás, üledékes, átalakult), változatos fáciesekkel; medenceösszlet; törm. üledékes	

I. táblázat. A Föld tektonikai egységeinek összehasonlítása

A comparison of the tectonic units of the Earth

Тектонические элементы  Геолого-геофизич. параметры	Океаны	Континенты				Внешние Карпаты (Флишевая зона)	Внутренние Карпаты (с Южными Карпатами)	Карпатская впадина (без внутренних Карпат)
		Древние плиты	Платформенные области	Старые (напр. варисскийские) горные цепи	Молодые (напр. альпийские) горные цепи			
Уровень и характер аномалий Буге; изостатич. состоян.	Положит., неравномерн., компенсированное, за исключ. рифтовых долин	Нейтральн., неравномерн.; компенсированное	Нейтральн., неравномерн.; компенсированное, за исключ. континентальных рифтовых долин	Отрицательн., линейный; не обязательно компенсированное (если комп., то регионально) Основные вулканы;	Сильно отриц., линейный; некомпенсиров. (если комп., то регионально)	Сильно отрицательн., линейный; судя по асейсмичности: компенсированное (регионально)	Нейтральн., неравномерн.; локально компенсированное (Porelař 1968)	Нейтральн., неравномерн.; компенсированное; блоки основания локально компенсированы
Природа и характер намагниченности и магнитных аномалий	Базальн., ультраосновн. вещество мантии (из рифтовых долин); положит., отриц., равномерн., остаточн.	Кристаллич. комплекс; индуцирован.; региональн., неравномерн.	Кристаллич. фундамент с изолированными вулканич. телами; в основном индуцирован., региональн., неравномерн.	Основные вулканы: местами равномерн., линейн.; в основном остаточн.	Основные вулканы; местами равномерн., линейн.; остаточное	В сущности вулканизма нет; кристаллич. фундамент: индуцирован., слабое; неравномерное	Спорадич. мезозойск. основн., но в основном третичн., сильный, в большинстве случаев нейтральн. вулканизм; местами равномерн., линейн., остаточн.	В основании мезозойск., основн., в осадочн. толще третичн., в основном нейтральн. вулканы, сильное; равномерн. линейн., остаточн.
Тепловой поток [в мккал/см <sup>2</sup> ]	>1,5 (90% от всего объема измер. приходится сюда, главным образом на выступы: Telford, 1967)	~1,0 (Jessop, 1964, 1969)	В принципе, мировая средняя: 1,5; около интраплатформ. рифтовых долин — >1,5	>1,5	>1,6	Нет достоверных данных; вероятно >1,5	Нет достоверных данных; вероятно >1,5	Нет достоверных данных; температура, из-за циркулирующ. теплых вод аномальна (господствует конвективн. передача тепла)
Сейсмичность	На выступах интенсивн., M>7; в глубоководных грабенах M>7; в рифтовых долинах M<7	Асейсмичн.	Асейсмич., за исключением рифтовых долин	В принципе затухающ.; зависит от степени компенсированности; местами (напр. Алтаиды): интенсивн.	Интенсивная; иногда M>7	В сущности асейсмич. (Kárník — Ruprechtová, 1963)	Асейсмичн.	Асейсмичн.
Мощность коры (глубина залег. поверхн. М)	0—10 км	35—45 км	35—40 км	50—70 км	50—80 км	45—55 км	30—35 км	24—30 км
Мощность литосферы, глубина астеносферы (Капаногі, 1970)	70—100 км	Астеносфера (зона пониж. скоростей) отсутствует (залегает очень глубоко?)	~200 км	>100 км	~100 км	Неизвестна; вероятно >100 км	Неизвестна; вероятно 60—80 км	60—80 км (Ádám, 1968a)
Возраст	Атлант. верхнемеловой (Bullard, 1969)	Докембрийск.	Над кристаллич. фундаментом, в принципе весь фанерозой	Кембрий-силур (Кал.), девон—нижн. пермь (Вар.)	Верхн. пермь—неоген	Нижний мел — палеоген. Передовой прогиб — неоген	Докембрий — нижний мел	Основание впадины: докембрий — нижн. мел. осадочн. толща: верхн. мел — неоген
Топография поверхности	Выступы, грабены, плато, гноио	Ровная или пенепл.; эродированная	Эродированная; мезы, куэсты, долины-эскарп., останцы	В основном высокая, расчлененная (каледонск. в основном разм.)	Высокая, расчлененная	Средние высоты; в основном расчлененная	В основном высокая, расчлененная	В основном низкая равнина (см. следующ. позицию)
Строение поверхности	Рифтовые долины, трансформ. сбросы, вулканич. конусы	Нарушенное разрывами, с следами древн. смятия	Почти горизонтальн. в основном разрывн. с полого наклонными формами	Складчат. или флюидальн., несколько размыто	Складчат., или флюидальн.	Складчат., или флюидальное	Нарушенное сбросами, чешуйчатое	Выступы основания впадины: разрывн., чешуйчат.; осадочн. толща: почти горизонтальн. со псевдоскладками
Общий, петрографич., Фашиологич. характер	Основные, ультраосновные эффузивы небольшой объем отложений	Кристаллич., гранитн. (метаморфич.)	Кристаллич. фундамент перекрывается неоднородной осадочн. толщей	Неоднородные геосинклинальные фации	Неоднородные геосинклинальные фации	Осадочн., кластичн. (флишевая фация); передовой прогиб — молассы	Неоднородный (магматич., осадочн., метаморфич.) с переменными фациями	Основание бассейна: неоднородн. (магматич., осадочн., метаморфн.) с разнообразн. фациями; осадочная толща: обломочн., осадочн.

Таблица 1. Сопоставление тектонических элементов Земли