

A HEGYSÉGGÉPZŐDÉS ÉS GYŰRŐDÉS MECHANIZMUSÁRÓL*

Dr. EGYED LÁSZLÓ

Összefoglalás: Szerző földtágulási elméletének alapján, a hegységképződés és az azzal kapcsolatos jelenségek újszerű értelmezését adja. A hegységképződés geoszinklinális fázisa azokkal a mélytörései övekkel van szoros kapcsolatban, amelyeket a mélytengeri vályuk és izosztatikus anomáliák vonulata kísér. Másfelől a kiemelkedés szakaszát kísérő jelenségek a Föld felületén sekélyfészktű földrengésekkel és bazaltos vulkánossággal együtt jelentkező árkokkal vannak szoros kapcsolatban. A geoszinklinális fázisban és közvetlenül azután a gyűrődések nagy részét a benyomuló magmás tömegek oldalirányú nyomása hozza létre, a későbbiekben pedig túlsúlyba kerül a felhalmozott tömegek súlya folytán előálló lecsúszások hatása.

A lánchegységek keletkezése szoros kapcsolatban van a Föld belső felépítésével, szerkezeti felépítését jellemző fizikai adataival, külső és belső energiáival, valamint azzal a mechanizmussal, amelyen keresztül ezek az energiák az alakváltozásokat létrehozó mechanikai munkává alakulnak.

Az eddig felállított hegységképződési elméletek a tektonikai energiák főforrását a Föld kihűlése, magmaáramok, vagy valami más ok következtében előálló kompresszióban keresték. A hegységképződéssel párhuzamosan jelentkező, a kompresszióval legalábbis egyenértékű, de véleményünk szerint jóval fontosabb nem-kompresszív jellegű feszültségeket ezek az elméletek figyelmen kívül hagyták. Egy táguló Földet feltételező elmélet [Egyed, 1955—57] szempontjából azonban az ilyen feszültségek és a rájuk visszavezethető jelenségek elsőrendű fontosságúak.

A Föld egészére kiható tágulás esetében első pillantásra nehéz belátni, hogy honnan származhatnak a hegységképződésben jelentkező nyomóerők. A következőkben mégis szeretnénk megvizsgálni azt, hogy a hegységképződéssel kapcsolatos földtani megfigyelések mennyiben egyeztethetők össze a Föld általános tágulásának eszméjével.

Földtani megfigyelések szerint a hegységképződés a következő lépésekben megy végbe:

1. fázis: A Föld felszínén hosszú keskeny területek süllyedni kezdenek és a süllyedékeket sekélytenger tölti meg. A terület a környező részekhez viszonyítva üledékgyűjtővé válik, és miután az üledékfelhalmozódás lépést tarthat a süllyedéssel, a medence rendszerint megtartja sekélytengeri jellegét. Ezek a süllyedő medencék a geoszinklinálisok.

2. fázis: A több 10 millió év alatt felhalmozódott üledékes tömegekben nagyszabású alakváltozás, szerkezetalakulás következik be.

3. fázis: Egy idő után megszűnik a süllyedés és a felhalmozódott hatalmas közet-tömegek — felhalmozódásuk tartamához képest viszonylag gyorsan — kiemelkednek. Ez a folyamat a szó morfológiai értelmében vett hegységképződés.

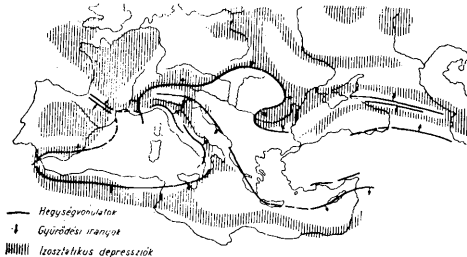
A hegységképződés egyes fázisait eléggé szabályszerűen jellegzetes magmás fázisok kísérik.

* Előadva a Geologische Vereinigung 50. jubiléris ülésén Würzburgban 1960. márc. 14-én.

Az 1. fázist az ún. iniciális ultrabázisos magmatizmus jellemzi, kevés könnyen-illóval és kis termometamorf hatással. Ez a folyamat vezet a Hess-féle serpentinövek kialakulására [Hess, 1955].

A 2. fázist az ún. színorogén magmatizmus kíséri gránitplutonok benyomulásával és megszilárdulásával. A nagyvastagságú geoszinklinális üledéksorban közben végbe-menő nagyszabású metasomatikus folyamatok nagy tömegű, magas hőmérsékletű gázok, gőzök és oldatok jelenlétére vallanak.

A 3. fázist kísérő szörorogén magmatizmus részben ismét gránitképződéshez vezet, de nagyobbára andezites kiömlési kőzetek képződésében nyilvánul meg. A poszorogén magmás működések tetőfokát rendszerint bazaltos vulkánosságban éri el.



1. ábra. Az alpi orogén övek és a tömeghiányt jelző izosztatikus anomáliásávok Scheffer V. szerint. — Fig. 1. The Alpidic zones of orogeny and the isostatic anomaly zones indicating mass deficit: according to V. Scheffer.

A preorogén üledékek gyakran szenvednek regionális átalakulást, migmatitosodást és gránitosodást. A színorogén üledékeket ezek a folyamatok kevésbé érintik, már csak magasabb helyzetük miatt is. A poszorogén üledékekben migmatitosodás és átalakulás soha sem jelentkezik [Reid, 1955].

Soroljunk fel a fenti földtani adatok mellé néhány geofizikai és tektonikai megállapítást.

1. A megfigyelések szerint a hegységképződés térben és időben közelítőleg ismétlődő jelenség.

2. Egy adott hegységövön belül (pl. a Kárpátok flis övében) a gyűrt vonulatok vergenciája általában azonos irányú.

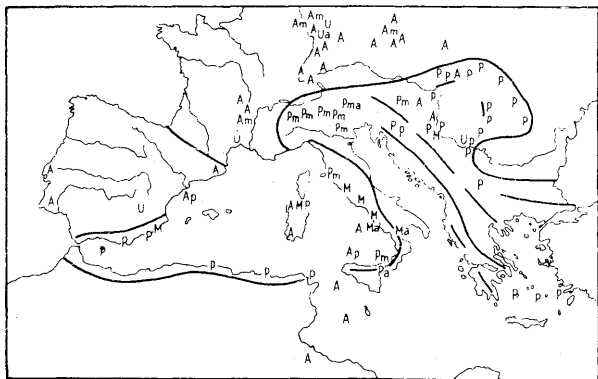
3. A hegységláncokat ugyanúgy negatív és pozitív izosztatikus anomáliák övei kísérik, mint a mélytengeri vályúk és mélyfészű földrengések öveit. A gyűrődések vergenciája általában a negatív izosztatikus anomáliájú területek felé irányul [Scheffer, 1955].

4. Niggli magmaeloszlási térképe szerint az Alpokon és a Kárpátokon belüli területekre legnagyobbbrészt pacifikus természetű magmás működés jellemző, míg a külső övekben atlanti típusú magmák gyakoribbak. Ugyanez a magmaeloszlás a Csendes Óceánt körülvevő andezitövön belül ill. kívül is.

5. A Keleti Kárpátok izosztatikus anomáliaszelvénye nagyon hasonló a jávai, ill. japáni izosztatikus harántszelvényekhez, csak az anomáliák amplitudójában van különbség. Az izosztatikus anomáliák helyzetéhez viszonyítva a kárpáti harmadidőszaki vulkáni öv ugyanott helyezkedik el, mint a jávai és a japáni jelenkori vulkánosság.

6. A lánchegységek magvában nagy tömegű savanyú és intermedier magmás kőzettömegek foglalnak helyet.

7. Földrendésvizsgálatok alapján a Föld köpenye részben a fellépő nyomás hatására szilárd halmazállapotú. A legfelső 800—1000 km-es rész a nyomástól függetlenül is szilárd és benne nagyméretű feszültségek vannak felhalmozva. Ezért indokolt a tektonoszféra fogalmát erre az övre vonatkoztatni. A kéreg és köpeny szilárdsági szempontból folytonosan kapcsolódik egymáshoz és ez vonatkozik a bennük végbemenő deformációkra is.



2. ábra. A magmatikusok eloszlása az alpi orogén területen Niggli szerint.

Fig. 2. Distribution of magmatic types in the area of the Alpidic orogeny according to Niggli

8. Az újabb vizsgálatok szerint a Föld köpenye csak a legfelső 150—200 km-es zónában differenciálódott [Egyed, 1960] és ennek differenciációja szolgáltatta az atmoszférát, hidroszférát, szial-t, szimá-t és a köpeny felső részének ultrabázisos közeit. Ezzel szemben a köpeny mélyebb részei nem szenvedtek differenciációt, miért is ezek könnyenillókban föltöbb gazdagok és intermedier összetételűek.

9. A lánchegységek a Föld felszínén hosszú keskeny sávokban helyezkednek el, hasonlóan a mélyfészű földrengések öveivel.

10. Kétféle földrengési övet különböztethetünk meg: a) árokterületek övét, b) mélysebhelyek övét.

Az árkok öve magában foglalja az afrikai árkokat, valamint az óceáni hátságok tetején végigfutó mintegy 4 km mély és 8—15 km széles árokrendszert [Heezen, 1959]

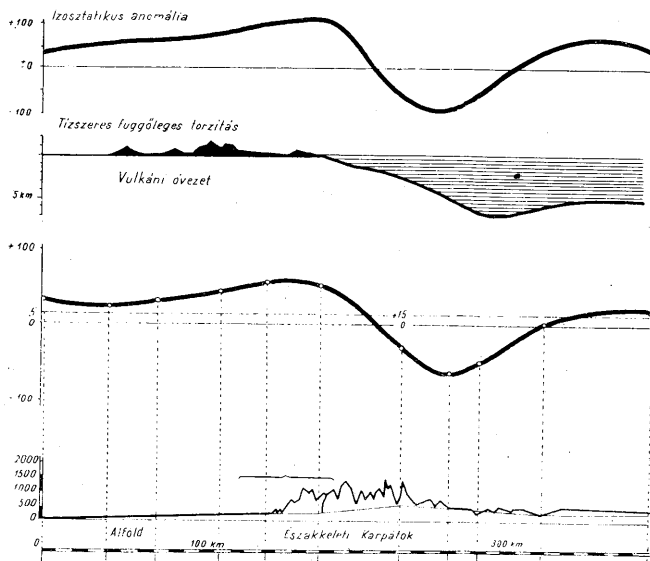
Az árkos területeken a földrengések általában nem haladják meg a 7-es méretet. A fészekmélység mindenütt kisebb 70 km-nél és legnagyobb részét bazaltos vulkánosság kíséri az övet.

A mélysebhelyek öve a mélytengeri árkok övét és az alpi hegységrendszer egyes részeit foglalja magában. Ezekben az övekben mélyfészű földrengések lépnek fel (70—750 km közötti fészekmélységgel). A hipocentrumok síkja rendszerint a mélytengeri vályú közelében metszi a földfelszínt. Az övet erőteljes negatív izosztatikus anomáliásáv

és andezites vulkánosság kíséri. A világ legnagyobb földrengései ezen a területen jelentkeznek.

Ezeknek az adatoknak a birtokában próbáljunk meg deduktív eszközökkel a hegységképződés mechanizmusára vonatkozólag következtetéseket levonni.

A gyűrt hegységgláncolatok, ill. a mélytörések és mélyfészű földrengések övei közötti hasonlóság — mely nem csupán felszínes, hiszen kéregszerkezeti hasonlóságra is



3. ábra. Izosztatikus anomáliaszelvény az Északkeleti Kárpátokon át, összehasonlítva egy japáni szelvényvel.

Fig. 3. Isostatic anomaly profile through the Northeastern Carpathians, in comparison with a profile through Japan

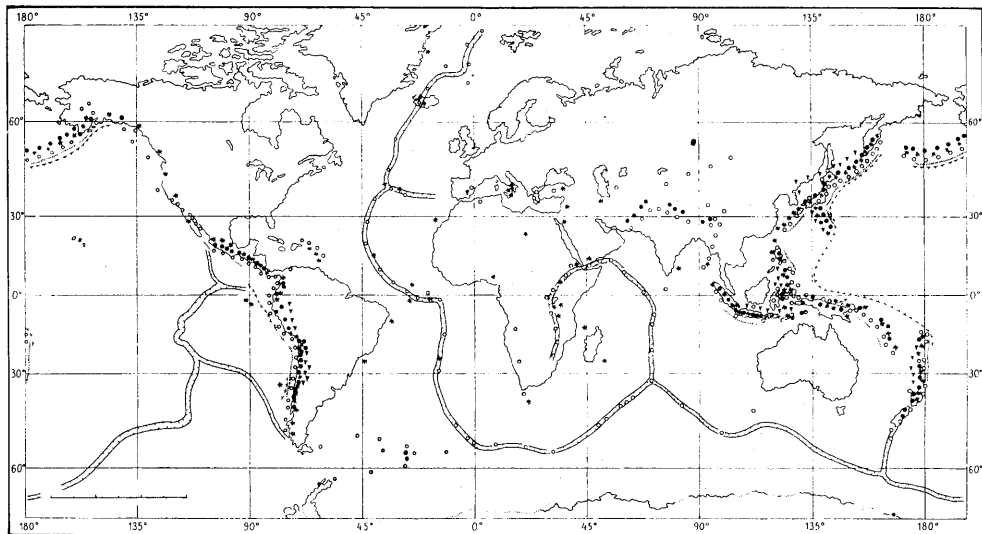
támaszkodik — arra vall, hogy a gyűrt hegységvonulatok képződésében a mély sebhelyek és az ezekkel kapcsolatos törési jelenségek fontos szerepet játszhattak.

A geoszinklinális területek öveinek összes süllyedése arra vall, hogy a geoszinklinális övben a tektonoszféra keresztmetszete — összhangban egy expanszióra visszavezethető feszültség-rendszerrel — nagymértékben megcsökkent.

Földtani megfigyelések is arra mutatnak, hogy geoszinklinális területeken belül felléphetnek húzásos jelenségek [Trümpy, 1960, van Bemmelén, 1957].

Az a körülmény, hogy a magmás tömegek képesek benyomulni e területeken a köpeny felső részeibe és a kéregbe, ugyancsak húzófeszültségek jelenlétére vallanak.

Expanszió esetén a köpeny felső részében és a kéregben hatalmas feszültségek léphetnek fel, amelyek túlhaladhatják az ott elhelyezkedő anyagok szilárdságát és a Föld



- Sekély
 - + Közepes mélységű
 - ▼ Mélyfészkes
- } rengések

- Mélytengeri vályú
- Árok - rendszer
- Működő tűzhányók
- - - - - Andezit vonal

4. ábra. A földrengéses övek eloszlása.
Fig. 4. The distribution of earthquake zones

felszínén árokszerű szerkezetek, a köpenyben pedig sebhelyek alakulhatnak ki. A megfigyelések szerint (lásd 10. pont) mindkét jelenség egyidőben fellép.

A magmás jelenségekre vonatkozó megfigyelések szerint a nagyobb hőmérsékletű és könnyenillóokban gazdag savanyúbb magmás intrúziók nem a kezdeti geoszinklinális fázisban, hanem a színorogén fázisban lépnek fel. A 8. pontot tekintetbevéve, ez azt mutatja, hogy a színorogén fázisban kialakult a mélytörések rendszere mentén az összeköttetés a köpeny könnyenillóokban gazdag differenciálatlan részei felé, míg a kezdeti fázisban csak a felszínhez sokkal közelebb keletkezett bázisos és ultrabázisos magmák juthattak a geoszinklinális üledékekbe.

Mindezek alapján azt állíthatjuk, hogy az alaktani hasonlóságon kívül a mélyfészki földrengések övei és az orogének kialakulása és fejlődése között szerves kapcsolat van.

Ha összehasonlítjuk az orogéneket kísérő izosztatikus anomáliásvonalakat (3. pont), a magmatípusok eloszlását az orogén öveken belül és kívül (4. pont) és a vulkáni öveknek az izosztatikus anomáliákhoz viszonyított helyzetét (5. pont), a mélyfészki földrengések öveivel, ill. a velük kapcsolatos magmás működés és izosztatikus anomáliák elrendezésével, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy a mélysebhelyek övei a jelenkori hegységképződési öveknek felelnek meg.

A fentiek alapján a hegységképződés folyamatát a következőképpen képzelhetjük el:

A felhalmozódó húzófeszültségek következtében a mélytörések öveiben a földfelszín süllyedni kezd. A süllyedés folyamán az izosztatikus felhajtóerőt részben ellensúlyozza a kialakuló geoszinklinálisban felhalmozódó üledéktömegek súlya. Bár ez a süllyedési folyamat olyan lassú, hogy a tektonoszférában fellépő feszültségek ki tudnak oldódni, az expanzió állandóan pótolja a szükséges feszültségeket és ezáltal fenntartja a folyamatot. Így a süllyedés lépést tart az üledékes feltöltéssel.

A fenti folyamat által létrehozott deformációk miatt fellépő sekélyfészki földrengések nagymennyiségű hőt hoznak létre a földkéregben és így annak hőmérsékletét erősen megemelik. Eközben a kialakuló mélytörések kapcsolatot teremtenek a tektonoszféra legmélyebb övei felé, úgyhogy megkezdődhet a könnyen illó alkotórészek feltörése. A könnyenillók révén szállított hőmennyiség fel tudja olvasztani a kéregszerkezeti deformációk által amúgyis fölmelegített és meglazított ultrabázisos kőzeteket. Az olvadék részben a kéregben fellépő feszültségek következtében a törésrendszereken keresztül benyomul a geoszinklinális alján helyetfoglaló, nedvességgel telített üledékekbe, ahol sós rétegvizek jelenlétében szerpentin képeben száradul meg.

Ez a fázis azonban a könnyenillók felnyomulásának csak a kezdetét jelenti. A mélysebhely lefelé folytatódásával azonban a felszabaduló gőzök és gázok mennyisége és hőmérséklete állandóan emelkedik, s ezek a fellazított anyagösszletek mentén felfelé migrálnak. Nagy hőmérsékletüknél és nyomásuknál fogva transzvizaporizálják a mélysebhelyeket környező részeket s az itteni könnyebben oldható anyagokat a bennük levő nyomelemekkel együtt olvadékká alakítják át. Ezek az olvadékok pedig igen kis sebességgel a fellazított sebhely mentén felfelé vándorolnak. A húzás alatt levő repedésekkel átszőtt földkérgen áthaladva a nagy hőmérsékletű gőzök és gázok behatolnak az üledékekbe s azokat metamorfizálják, migmatizálják és gránitostítják, s létrehozzák a palinogén gránitokat. Ehhez hozzáadódik a mélyből jövő savanyú, vagy félsavanyú magma, mely maga is a többszáz km-es köpenyrész nyomelemeit tartalmazza s ez létrehozza az orogén terület gránittömegeit. A benyomuló gránittömegek kompressziós jellegű feszültségeloszlást hoznak létre az orogén felsőbb részeiben.

E nyomófeszültség kialakulása bizonyos mértékig az intruzív tömegek térszükségletének következménye. A magmás tömegek felpréseléséhez szükséges nyomást rész-

ben az expanzió hozza létre. A benyomuló magmás tömegek által létrehozott nyomás elég ahhoz, hogy a deformációs fázisban végbemenő gyűrődést és áttolódást előidézze. A benyomuló tömegek átmérője több 10 km lévén, alkalmasnak látszik arra, hogy ilyen nagyságrendű távolságokra szétnyomjon üledékes összességeket és takarókként értelmezhető szerkezeti formákat hozzon létre.

A megfigyelések egybehangzóan azt mutatják, hogy az orogének központi részét általában hatalmas magmás tömegek foglalják el (6. pont).

Azonban az orogének felső részében fennálló feszültségeloszlást jelentősen módosítják a mélytörések, és ezt visszatükrözik az üledékek, amelyeknek vastagsága kevesebb mint a tektonoszféra egészének 1%-a, és amelyek éppen ezért az orogén folyamatokban csak a „strain gauge” szerepét töltik be. A tektonoszféra deformált felső részében gyűrődésben és áttolódásokban megnyilvánuló kompresszió ébredhet, amely részleges kiemelkedésre is vezethet.

A mélyből feltörő könnyenillók és savanyú anyagok megvastagítják az orogén területen a savanyú földkéreg, úgyhogy az izosztatikus felhajtóerő fokozatosan nő.

A harmadik fázis akkor kezdődik, amikor a kéreg már nem képes ellenállni a törérendszerek mentén fellépő feszültségeknek és végülis szétszakad, és vagy új szomatikus aljzatú óceáni medence alakul ki, vagy pedig egy régebbi ilyen medence kiszélesedik. Ennek következtében a földkéregben és a köpeny felső részében felhalmozódott és még ki nem oldódott feszültségek felszabadulnak, és ezáltal az izosztatikus erők uralodóvá válnak.

Az izosztatikus erőhatások eredményeképpen a könnyebb, vastagabb gránitos kéreggel rendelkező orogén területek kezdenek kiemelkedni. A kiemelkedést azonban megkönnyíthetik a kéreg felszakadása következtében beálló tömegátrendeződések is. A tömegátrendeződéseknek kétféle hatása lehet: Közvetlen következménye lehet a kéregszelektorok egymáshoz viszonyított elforgása, ahogy a tetelezt fel, amikor megkísérelte a hegységképződést expanziós úton magyarázni. Ennek a lehetőségnek az illusztrálására szabadjon bemutatni C a r e y elképzelését a Pireneusok kialakulására vonatkozóan [C a r e y, 1958].

A tömegátrendeződések egy másik következménye az impulzusnyomaték megmaradásának tételéből következik. A felszínen fellépő tömegátrendeződések a Föld forgástengelyét elmozdítani igyekeznek, és ez vízszintes értelmű jelentékeny tehetetlenségi erők fellépésére vezet, azaz ugyancsak kompressziót hoz létre.

Azonban, míg a geoszinklinális fázisban a nyomófeszültségek legnagyobb része és az ezzel kapcsolatos gyűrődéses jelenségek a benyomuló tömegek tégányának következményei, később a kiemelkedés során és után a gyűrődések legnagyobb részben az üledékes tömegek saját súlyának, vagyis a vízzel telített, kis nyírószilárdságú, képlékeny laza üledékek gravitációs lecsúszásának lesznek következményei. Szabadjon ebben a tekintetben v a n B e m m e l e n [1957] egyik dolgozatából idéznem:

„Auf diese Weise wird die intensive tektonische Deformation der Gailtaler Alpen aufgefasst als eine gravitative Reaktion auf die Entstehung eines Grabens in der Südfanke der Ostalpinen Geoantikline. Die intensive Faltungen und Anschuppungen, die wir in dieser Zone wahrnehmen, haben nach dieser Auffassung nichts zu tun mit einer Verkürzung der Erdkruste. Der Bau der Gailtaler Alpen, so wie wir ihn heute sehen, lässt sich im wesentlichen aus Deformationen herleiten in denen Dehnungen der vorherrschende Element waren”.

A kéreg felszakadása az új óceáni területek kialakulása mellett a tektonikai feszültségek feloldódását is lehetővé teszi. De a sebhelyek begyógyulása után a tektonikus feszültségek felhalmozódása újra kezdődik. Így az erők játéka megismétlődhet. Azonban, mivel a következő feszültségszakaszban az előző mély orogén egy preformált gyöngye zóna

szerepét játssza, a következő orogén egybe fog esni, vagy párhuzamosan fog lefutni az előzővel. Ez kitűnő egyezésben van azzal a megállapítással, hogy az orogenezis térben és időben ismétlődő jelenség (1. pont).

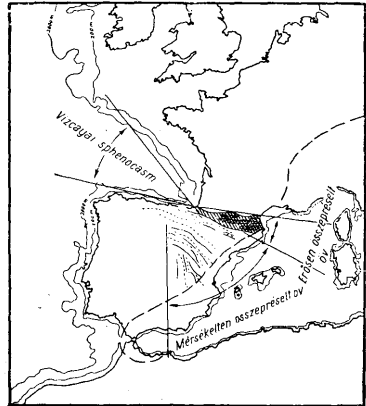
A hegység tengelyére merőlegesen fellépő erőknél valóban összefüggő vergencia-rendszerrel kell létrehozniuk, függetlenül attól, hogy az magmás intrúzióknak vagy gravitációs lecsúszásnak a következménye (2. pont). A geoszinklinális területeken a magmás hatásoknak legkevésbé kitett üledékek maradnak a leglazábbak és így a legkevésbé sűrűk. A kiemelkedő nagyobb szilárdágú tömegek, amelyek oldalirányban keresnek kiutat, a legkisebb ellenállás irányába fognak terjedni. Ez érthetővé teszi azt a megfigyelést, (3. pont) miszerint a gyűrődés vergenciája a gravitációs minimummal jellemzett laza, kis sűrűségű tömegek felé mutat.

A hegységképződés főnt körvonalazott magyarázata, mely az expanzió eszméjén és a Föld belső szerkezetére vonatkozó más megállapításokon alapul, jó egyezésben van a hegységképződés fázisaira és azok magmás kíséretére vonatkozó megfigyelésekkel és a magmás folyamatokat részben új megvilágításba helyezi.

Így például a délamerikai peremi hegyláncok magyarázata ezen a módon nem ütközik nehézségbe, míg eddig ezt a problémát a legtöbb hegységképződési elmélet kénytelen volt nyitva hagyni.

Másfelől meg kell állapítani, hogy Carey hegységképződési elmélete [Carey, 1958] bár egy sor érdekes elemet tartalmaz, a hegységvonalatok képződésének nem annyira szigorúan okszerű, mint inkább esetleges magyarázatát adja. A magmás jelenségeket pedig egyáltalán nem tudja magyarázni.

A fentiek tekintetbevételével mellett is a szerző teljesen tisztában van azzal, hogy az itt leírtak csupán körvonalait jelentik egy expanzióra alapított hegységképződési elméletnek, és hogy az egyes részletek tisztázása még további kutatómunkát igényel.



5. ábra. Erőhatások a Pireneusok kialakulásánál, Carey szerint.

Fig. 5. The play of forces bringing about the development of the Pyrenees, according to Carey.

IRODALOM — REFERENCES

1. B e m m e l e n, R. W. van: Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich) Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt 100. 179—212 (1957).
2. C a r e y, S. W.: The tectonic approach to continental drift. Continental Drift. A symposium. Tasmania. 1958. — 3. E g y e d L.: A new theory on the internal constitution of the Earth and its geological-geophysical consequences. Acta Geol. Acad. Sci. Hung. IV. 43—83, 1956. — 4. E g y e d L.: A Föld belső felépítésének új elmélete és annak földtani-geofizikai következményei. Földtani Közöny, 85. 3. 277—318, 1955. — 5. E g y e d L.: A new dynamic conception of the internal constitution of the Earth. Geologische Rundschau 46. 101—121, 1957. — 6. E g y e d L. and S t e g e n a L.: Physical background of a dynamical Earth model. Zeitschr. f. Geophysik 24. 108—115, 1958. — 7. H e s s, H. H.: Serpentes, Orogeny and Epeirogeny. Crust of the Earth. Geol. Soc. Am. Spec. Paper 62. 391—407, 1955. — 8. H e e z e n, B. C.: Géologie sous-marine et déplacements des continents. Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. 295—302. Paris 1959. — 9. R e a d, H. H.: Granite Series in Mobile Belts. The Crust of the Earth.

Geol. Soc. Am. Spec. Paper 62. 409—430. 1955. — 10. Scheffer, V.: Über den Zusammenhang zwischen isostatischen Anomalien und Vergenzen der Gebirgsbildung. Acta Techn. Ac. Sci. Hung. X. 19—29. 1955. — 11. Trümpy, R.: Der Werdegang der Geosynklinalen. (Lecture delivered at the 50th Anniversary Meeting of Geologische Vereinigung Würzburg 1960).

On the mechanism of mountain building and folding

L. EGYED

Attaching himself to his earlier investigations, the author gives a new interpretation of mountain building and associated phenomena on the basis of his earth expansion theory. The geosynclinal phase of mountain building is connected with deep fractures accompanied by deep-sea troughs, isostatic anomalies and andesitic volcanism. On the other hand, the phase of emergence is accompanied by phenomena observable in the graben areas, which in their turn are connected with shallow-focus earthquakes and basaltic volcanism. Folding is brought about in and immediately after the geosynclinal phase by the lateral pressure of the intruding magma masses, and later on by the gliding by gravity of the accumulated sediments.