

## A TEKTONIKAI ERŐK EREDETE ÉS A KÉREGMOZGÁSOK

EGYED LÁSZLÓ

**Összefoglalás.** A dolgozat a tektonikai erők eredetének a kérdését veszi vizsgálat alá, s a tektonikai erők hatásának, a kéregmozgásoknak a mechanizmusával foglalkozik.

Tektonikai energián azt a rugalmas energiát kell érteni, ami a földkéregben és a köpenyben felhalmozódik. Ennek az energiának a legnagyobb része a Föld tágulására vezethető vissza.

A tektonikai energia felhalmozódásakor fellépő feszültségek a kéregben vetemedéseket, tehát kéregmozgásokat hoznak létre. Azokat a kéregmozgásokat, amelyek a tektonikai energiák felhalmozódásakor lépnek fel, epirogén mozgásoknak nevezik. A kéreg szétszakadásakor a vetemedések feloldódnak, kismulnak, megszűnnek. Az ezzel kapcsolatos viszonylagos gyors lefolyású kéregmozgásokat orogén mozgásoknak nevezzük.

A hegyesgképződés mechanizmusa a tektonikai energia felhalmozódási és feloldódási folyamatára vezethető vissza. A tektonikai energia felhalmozódása idején a területek különböző rugalmas viselkedése miatt létrejövő vetemedések következtében hatalmas süllyedő területek, geoszinklinálisok jönnek létre, amelyek a kiemelkedett részokről lepusztított üledéktömegek gyűjtőivé válnak. Ez a süllyedési tendencia mindaddig tart, amíg a tektonikai energiák felhalmozódásának meg van a lehetősége, tehát amíg a kéregben fellépő rugalmas feszültségek nem lépik túl a szakítási szilárdságot. A kéreg szétszakadásakor a megvetemedett részek kismulnak, a geoszinklinálisok ismét kiemelkednek, kiemelve egyúttal a bennük felhalmozott, meggyúrt és metamorfizálódott üledéktömegeket is.

A föld felszínét alakító erők egy része külső energiaforrásokból, másik része a Föld belsejéből származik. A külső energiaforrásokból származó erőhatások első sorban a légkör és a vízkör tisztító és építő munkájában észlelhetők, s kisebb jelentőséggel csatlakoznak ehhez az árapálykeltő erők. A föld belsejéből származó erők terhére írjuk viszont a föld belsejében lejátszódó minden nagyobb méretű jelenséget: a törések keletkezését s az ezzel járó földrengéseket, szintváltozásokat, hegyesgképződést, sőt ennek terhére kell írunk a magmatizmus, vulkanizmus jelenségeket is. A kéreg helyzetét, egyensúlyát és mozgását három tényező határozza meg: 1. a magma felhajtó ereje; 2. a kéregben fellépő rugalmas feszültségek, és végül 3. a kéregre ható belső erők[1].

Az első csoporthoz tartozó erő az izosztatikussal egyensúlyt hozza létre, a másik erő a kéreg szilárdságát jellemzi, míg a harmadikhoz tartoznak a tektonikai erők.

A tektonikai erő a földtanban ezideig meglehetősen misztikus, legjobb esetben ködös fogalom volt, s alig lehetett többet mondani róla, mint azt, hogy kell lennie valaminek, ami a hatalmas méretű kéregmozgásokat, az epirogén és orogén jelenségeket létrehozza, s inkább ez erők által végzett munka eredménye, a tektonika volt a vizsgálat célja.

Mi az alábbiakban a tektonikai erő misztikus voltát meg szeretnénk szüntetni és jól meghatározható, dűneket és ergekben mérhető energiákkal helyettesíteni, amelyeknek hatása irányban és méretben egyaránt mindig egyértelműen megállapítható.

E dolgozat célja valóban a tektonikai eredetének és azok hatásának: a kéregmozgások mechanizmusának a vizsgálata és tisztázása.

E bevezetésben legyen szabad mindjárt egy javaslattal is élnem. Célszerűnek tartom, hogy a tektonikai erő fogalma helyett általában a tektonikai energia fogalmát alkalmazzuk, amikor valamely mozgási jelenség forrását meg akarjuk jelölni, mégpedig egyszerűen azért, mert akár egy kontinentális tábla felemelkedését vesszük vizsgálat alá, akár pedig egy lánchegység eredetét vizsgáljuk, ennek létrehozásához meghatározott munkamennyiség, energia szükséges. Ez az, ami végeredményben egyértelműen megadható a jelenségnél. A munkavégzésnél fellépő erő nagysága viszont erősen függvénye annak az időnek, amennyi idő alatt a jelenség lejátszódik,

s annak a helynek, ahol az erő éppen hat. Mi az alábbiakban ennek megfelelően tektonikai energiákról fogunk beszélni s csak részben tektonikai erőkről.

### A tektonikai energia eredete

Egy korábban [2,3] kifejtett földmodellel kapcsolatban arra a végkövetkeztetésre jutottunk, hogy a Föld térfogata növekszik, a Föld tágul. A Föld tágulásának a mértékét a földsugárnak évi félmilliméteres növekedése jellemzi.

A Föld tágulását biztosító energia forrása azokban az atommagfolyamatokban keresendő, amelyek a Föld magjában és belső magjában játszódnak le s amelynek végeredménye az, hogy a Föld köpenyének normál molekuláris viszonyok között levő tömege állandó növekedésben van. Ennek az energiának a nagyságrendje félmilliméteres évi megnövekedés esetén  $2 \cdot 10^{29}$  erg/év.

A Föld belsejéből származó térfogatnövekedés folytán azonban a Földnek külső szilárd és rugalmas kérgé feszültség alá kerül. A kéregben tehát rugalmas energia halmozódik fel. A kéregben felhalmozódó rugalmas energia csakis addig halmozódhat, amíg a kéreg szilárdsága a fellépő feszültségeket viselni tudja. Ha a felhalmozott feszültséget a kéreg nem tudja hordozni, akkor szétreped, a benne felhalmozott rugalmas energia felszabadul s részben mozgási, részben hő és részben helyzeti energiává alakul át.

A kéregben felhalmozott energia maximális értékét  $5,8 \cdot 10^{32}$  erg-re becsülhetjük, ha csupán 60 km-es vastagságú övre vonatkozó energiefelhalmozódással és  $10^{10}$  din/cm<sup>2</sup>-es szakítási szilárdsággal számolunk és a nyírófeszültségekből származó hatásokat elhanyagoljuk. Mindenestre kijelenthetjük, hogy a földköpenyben felhalmozódó energia maximális értéke  $10^{32}$  és  $10^{34}$  erg közé esik. Itt megemlítjük összehasonlítás céljából, hogy az alpi hegységképződés mintegy  $3,5 \cdot 10^{32}$  erg energia mennyiséget kíván.

A fent említett feszültségek felhalmozódásához kb. 50 millió évnyi idő szükséges. Ezek után definiálni tudjuk a tektonikai energia fogalmát.

Tektonikai energián értjük azt a rugalmas energiát, amely a földkéregben és a köpeny felső részében általában felhalmozódik. Ennek az energiának legnagyobb része a Föld tágulásából származik.

A tektonikai energia értéke periodikusan változik. A kéreg szétszakadásánál a felhalmozott rugalmas energia nagy része kioldódik. A felrepedést követő újabb mélytengeri medencék aljzatának és kéreg-részeinek a megszilárdulása után a tektonikai energiák felhalmozódása ismét előről kezdődhet. A tektonikai erők felhalmozódásának periódusa a fenti közelítő megfontolás alapján 50 millió év körül mozog.

A földkéregben felhalmozott rugalmas energiának, a tektonikai energiának felszabadulásakor fellépő erőhatásokat nevezzük tektonikai erőknek.

### A kéregmozgások

A földtanban epirogén és orogén jellegű kéregmozgásokat szokás megkülönböztetni s bár ezeknek külön-külön többféle jellegzetességét sorolják fel, gyakorlatilag az epirogén mozgásokra legjellemzőbb az, hogy lassúak, hosszú ideig tartanak és viszonylag kis méretűek, míg az orogén mozgások jellemzője a nagyméretű és rövidebb idő alatt lejátszódó kéregmozgás amelynek eredménye legtöbbször hegységképződés.

Vizsgáljuk azonban meg az előzőek alapján, hogy milyen kéregmozgások várhatók a tektonikai energiák felhalmozódásának és felszabadulásának következményeképpen.

A Földfelszín kontinentális és óceáni területekre tagolódnak s a kontinentális területeket alkotó kőzetek rugalmassági adatai (Young-féle modulus stb.) eléggé erősen eltérnek az óceáni területek rugalmassági adataitól. A Föld tágulása miatt fellépő feszültségek alakváltozást hoznak létre a szilárd kéregben. Ez a deformáció azonban nem lesz egyenletes, hanem elsősorban a helyi kéregfelépítés rugalmassági viszonyaitól, rugalmassági adataitól függ.

Ebben viszont nagy különbség észlelhető az óceánok és kontinensek területén, de kisebb különbség felléphet mind az óceánok, mind pedig a szárazulatok területén belül is. A rugalmassági viszonyoknak a földkéreg különböző pontjában észlelhető erős változatossága miatt a deformációk nem lesznek egyenletesek, s a földkéreg a belső feszültségek hatására azt mondhatnánk, megvetemedik, ahogy megvetemednek hő hatására a különböző hőtágulási együtthatóval bíró összeépített fa vagy fémfelületek. Szintén e vetemedésnek lesz a következménye az, hogy egyik helyen a kéreg emelkedik, másik helyen süllyed.

A tektonikai energia felhalmozódása a kéreg vetemedési jelenségeihez vezet, amely kéregmozgásokban nyilvánul meg. Azt a kéregmozgást, amely a tektonikai energia felhalmozódásakor jön létre, nevezzük tágabb értelemben *epirogén jellegű mozgásnak*.

A kéreg szétszakadásakor a tektonikai energiák felszabadulnak s a kéreg deformációi a tektonikai energia rovására igen rövid időn belül megszűnnek, feloldódnak. Az ilyenkor fellépő mozgásokat kell tágabb értelemben *orogén mozgásoknak* nevezni.

Miután a földrengések legalábbis részlegesen a kéreg kisméretű felszakadásával következnek be, a földrengésekkel együttjáró kéregmozgások orogén jellegű mozgásoknak tekintendők.

### A hegységképződés mechanizmusa

A hegységképződés kérdése a földtannak mindig egyik legnehezebb kérdése volt. Azonban a legtöbb hegységképződési elmélet a Föld zsugorodását vagy a magmaáramlást tekintette a hegységképződés okának.

A megfigyelések szerint a hegységképződésre a következő tények a jellemzők [4]:

1. A hegységképződés ismétlődő jelenség

2. A hegységek hosszú övek mentén alakulnak ki

3. Az orogén fázisban a tektonikai tevékenység többé-kevésbé egyidejűleg megy végbe a Föld különböző területén

A hegységképződésnek három fontos szakasza van:

a) A geoszinklinális kialakulásának a fázisa, amikor nagy süllyedő, sávszerű hatalmas üledékgyűjtő területek alakulnak ki

b) A gyűrődés szakasza, amikor a terület süllyedése meggyorsul, és a rétegek meggyűrődnek

c) A kiemelkedés szakasza, amikor a geoszinklinális hatalmas meggyűrűt üledék-tömegei a tenger szintje fölé emelkednek.

Ezekhez a többé-kevésbé általános jellegzetességekhez még a következő geofizikai megfigyelések járulnak:

1. Az erősen földrengésszerű területek hosszú sávszerű övek mentén helyezkednek el, miképpen a lánchegységek.

2. A mélytengeri árkok környezetében, amelyek az erősen földrengésszerű területek jó részét foglalják magukban, az izosztatikus anomáliák lefutása ugyanaz, mint a Kárpátok, Apenninek esetében. E területeken a fiatal vulkáni öv elhelyezkedése az izosztatikus anomáliákhoz viszonyítva ugyanott van, mint a harmadkori vulkánosság a Kárpátok, Apenninek területén.

Hogyan lehet megadni a hegységképződésnek a magyarázatát, hogy az eleget tegyen a fenti földtani-geofizikai megfigyelésekből származó adatoknak s a kérget alkotó kőzetek fizikai viselkedésének is megfelelően?

A hegységképződés mechanizmusa éppen azon a tényen alapszik, hogy a földkéreg különböző rugalmasságú részekből van felépítve. Míután nagy területek (óceánok és kontinensek) mutatnak erős rugalmassági eltérést, a tágulás miatt fellépő vetemedés nem lesz helyi, kisméretű jelenség, hanem nagyméretű jelenség lesz. A vetemedésnek megfelelően nagy kiterjedésű sávszerű területek kezdenek el süllyedni a tektonikai energiák felhalmozódásával egyidejűleg s ugyanakkor más ezekkel többé-kevésbé párhuzamosan elhelyezkedő területek kiemelkednek. A külső erők következtében a kiemelkedő területekről hatalmas kőzettömegek pusztulnak le s szállítódnak a süllyedő területek felé. Ezek a hatalmas üledéktömegek gyűjtő-medencéivé válnak, geoszinklinális jellegűekké lesznek. A süllyedés és így az üledékfelhalmozódás mindaddig tart, ameddig a tektonikai energiák felhalmozódása is folyamatban van. A geoszinklinálisban roppant nagy vastagságú üledéktömegek halmozódnak fel.

Amikor már a kéreg szilárdsága nem bírja elviselni a benne levő feszültségeket, akkor valahol nagyméretű felszakadás következik be a kéregben s ennek következtében a felhalmozott tektonikai energiák felszabadulnak. A feszültségek megszűnése következtében a kéreg megvetemedett részei is igyekeznek kisímulni, tehát a geoszinklinálisok területe, amelyben az óriási üledéktömegek részben meggyűrődtek, metamorfizálódtak, részben a kéreg rugalmassága, részben az izosztatikus egyensúly miatt ki fog emelkedni s az aljzat emelkedésével a felette levő felhalmozott meggyűrűt és átalakult kőzettömegek hatalmas hegyláncok alakjában magasan a tenger szintje fölé kerülnek.

A takarók kialakulása a »théorie d'écoulement« [5], (a hegységek saját súlya alatti lecsúszás elve) értelmében a roppant nagy méretű vetemedések következménye lehet.

A kifejtett mechanizmus alapján a geoszinklinálisoknak helyenként hatalmas és meredek partszegélyei, lejtői jöhetnek létre s az ezeken felhalmozott üledéktömegek a saját súlyuknál fogva egymásra csúszhatnak, akár néhányszor tíz kilométeres méretben is.

A kéreg megrepedésével egyidőben hatalmas magashőmérsékletű magmatömegek kerülnek érintkezésbe az óceánok fenekén elhelyezkedő üledékes rétegekkel, aminek következtében az óceánok vizének hőmérséklete megemelkedik. Az óceánok vizének magasabb hőmérséklete következtében a Napnak külső hőenergiája lényegesen nagyobb víztömegeket tud elpárologtatni. Az óceánok vizének magasabb hőmérséklete az egész Föld átlagos évi középhőmérsékletét megemeli, míg a nagyobb páratömegek lényegesen nedvesebbé teszik a klímát. A Föld éghajlata tehát nagy területen melegebb és nedvesebb lesz, és a mállási jelenségek sokkal fokozottabbakká válnak. Hatalmas éghajlati változás kell kísérje a hegységképződést, amelynek bizonyítéka részben a kőszén és bauxittelek kialakulása is.

Az elmondott mechanizmus nemcsak a geoszinklinálisok süllyedési jellegét, valamint a geoszinklinális fázist követő kiemelkedést teszi érthetővé, hanem a hegységképződés ismétlődő volta is következik belőle.

A hegységképződéshez szükséges munka nagyságrendben is igen jól egyezik a felhalmozott tektonikai energiák értékével, amint azt már előzőleg megmutattuk. Stillenek a hegységképződésre vonatkozó általános törvényszerűségei [6] e mechanizmusnak kézenfekvő következményei.

A gyűrődések a geoszinklinális fázison belül, részben a kéreg hajlításának, részben a behajló kéregrészen nyugvó tömegeknek súlya folytán létrejövő rácsúszások következményei. Az orogén kiemelkedési fázisban azonban a kifeszített kéreg is valamennyire összeugrik, kisebb méretű gyűrődések ebből is származhatnak.

## IRODALOM — ЛИТЕРАТУРА — LITERATURE

1. E g y e d L.: A Földkéreg egyensúlya. Földt. Közl., 85. pp. 44—69. 1955. — 2. E g y e d L.: A Föld belső felépítésének új elmélete és annak földtani-geofizikai következményei. Földt. Közl. 85. pp. 277—318. 1955. — 3. E g y e d L.: A new theory on the internal constitution of the Earth and its geological-geophysical consequences. Acta Geologica. IV. pp. 43—83. — 4. G u t e n b e r g, B.: Internal constitution of the Earth. New York, 1951. p. 180. — 5. G i g n o u x, M.: La notion de temps en géologie et la tectonique d'écoulement par gravité. International Geological Congress Report, 1948. Part. XIII. pp. 90—96; 1952. — 6. S t i l l e, H.: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin, 1925.

## Происхождение тектонических сил и движения земной коры

Л. ЭДЬЕД

В статье рассматривается происхождение тектонических сил, и в дальнейшем, механизм движений земной коры как результат тектонических сил.

Тектоническая энергия представляет собой упругую энергию, накапливающуюся в земной коре и в мантии. Преобладающая часть этой энергии происходит от расширения Земли.

Напряжения, возникшие при накоплении тектонической энергии, создают коробления и, таким образом, движения в земной коре. Движения, возникающие при накоплении тектонических энергий называются эпигрогенетическими движениями. При разрыве коры, коробления выравниваются и прекращаются.

Сравнительно быстрые движения коры, связанные с указанными явлениями, называются орогенетическими движениями.

Механизм горообразования объясняется процессом накопления и освобождения тектонической энергии. Во время накопления тектонической энергии, вследствие короблений, возникших в результате поведения в различной степени упругости отдельных территорий, создаются геосинклинали, которые становятся бассейнами осадконакопления. Погружение продолжается до тех пор, пока существует возможность накопления тектонических энергий, т. е. пока упругие напряжения, возникшие в коре, не превышают сопротивление разрыву. Покоробившиеся части коры, при разрыве выравниваются, при том геосинклинали снова возвышаются; вместе с тем и выступают накопленные, складчатые и метаморфизированные массы отложений.

## The origin of tectonic forces and crustal movements

by L. EGYED

The paper presented contains investigations into the problem of the origin of tectonic forces. Furthermore it deals with the mechanism of crustal movements caused by tectonic forces.

The term «tectonic energy» is understood as elastic energy accumulated in the crust and mantle of the Earth. Most of this energy may be derived from the expansion of the Earth [2], [3].

The tensions arising as a result of the accumulation of tectonic energies cause warpings and, consequently, also movements of the Earth's crust. The movements occurring during the process of energy accumulation are termed «epigenetic». In the case of the rupture of the crust stresses are released and warpings are smoothed out. The relatively rapid crustal movements connected with this process are termed «orogenic».

The mechanism of mountain building can be derived from the processes of energy accumulation and release. The differences in elastic behaviour in different parts of the crust cause intense warping during the process of accumulation of tectonic energies. The downwarped zones become large sinking basins, geosynclines, which serve as basins of sedimentation for the detritus eroded from the adjacent upwarped lands. — The tendency of sinking continues as long as there is possibility for energy accumulation, i. e. to the rupture of the crust. After the rupture the warped regions flatten out again. Geosynclinal regions are subjected to emersion and faulted and metamorphosed sedimentary complexes are lifted above sea level.