

# A mikroszeizmák egész Földre kiterjedő tanulmányozásának fontossága

A. ZÁTOPEK\*

A prágai szeizmológiai állomáson kiterjedt tanulmányokat folytattunk az 1948–1963. évi időközökben észlelt 3–10 másodperc periódusú mikroszeizmákra vonatkozóan. Célunk az volt, hogy tisztázzuk a mikroszeizmák az atlanti frontzóna cirkulációjával és egyéb cirkulációs zónákkal való összefüggését.

A tanulmányozás első szakaszában mikroszeizmák amplitúdójának és periódusának korrelációit kerestük a légnyomás minimumok helyzetével, értékével és mozgásával a frontmozgás keletkezési területén a tengerszemélyekkel, valamint más tényezőkkel.

A munka második szakaszában – ebbe az összehasonlításba 18 európai államot is bevontunk –, a mikroszeizmák periódusainak és amplitúdójának különböző aktív időközökre elkészített idealizált összegezési görbéit összehasonlítottuk egymással és más állomások görbéivel. Azt találtuk, hogy a Prágában észlelt mikroszeizmák szoros kapcsolatban állnak az atlanti frontális zóna K-i részének ciklonos aktivitásával, viszont nem mutatnak összefüggést a Grönland, az Északi-tenger, a La Manche-csatorna, valamint a biscayai öböl táján előforduló ciklonokkal.

A kontinentális méretű légmozgások egyúttal hatalmas víztömegeket mozgatnak az óceánok partvidékén, aminek főként a hosszú periódusú mikroszeizmák keletkezésére van befolyása. A naptevékenység és a mikroszeizmák periódusának összefüggését vizsgálva azt találtuk, hogy ezek maximumai között is szoros összefüggés van.

Munkánk harmadik szakaszában főként a 6 másodpercnél hosszabb periódusú mikroszeizmák periódusának és amplitúdójának összefüggését vizsgálva azt találtuk, hogy a kettő menetének ismert párhuzamossága csupán durva statisztika. A hosszú periódusok és viharciklonok összefüggése viszont bejelesen megállapítható volt.

A mikroszeizmák az egész Földre kiterjedő tanulmányozása igen fontos lenne az általános légköri cirkuláció és a Földkéreg szerkezetének kutatása szempontjából.

На сейсмической станции в г. Праге проведены значительные работы по изучению микросейсм с периодами 3–10 сек, наблюдаемых с 1948 по 1963 г. г. Целью этих исследований было выяснение связи микросейсм с циркуляцией Атлантической фронтальной зоны и с другими зонами циркуляции.

На первом этапе этой работы изучалась корреляция амплитуд и периодов микросейсм с положением, величинами и перемещением минимумов атмосферного давления, с глубинами моря в областях образования фронтального движения, а также с другими факторами.

На втором этапе проведено сопоставление идеальных суммарных кривых периодов и амплитуд микросейсм для различных активных периодов, между собой и с кривыми других станций, причем в сопоставление было привлечено 18 европейских стран. Обнаружена тесная связь микросейсм, наблюдаемых в Праге, с циклической активностью восточной части Атлантической фронтальной зоны, но выявлено отсутствие их связи с циклонами Грэнлянда, Северного моря, канала Ла Манш и залива Бискай.

Перемещение воздушных масс континентального масштаба вызывает одновременно и перемещение огромных водных масс в прибрежных частях океанов, что, в свою очередь, влияет на образование микросейсм в основном длинных периодов. Обнаружена также тесная связь периодов микросейсм с максимумами солнечной активности.

На третьем этапе работы, при изучении взаимоотношения периодов и амплитуд микросейсм с периодами свыше 6 сек., известная их параллельность оказалась лишь грубой характеристикой. В то же время выявлена достоверная связь длинных периодов с штормовыми циклонами.

Распространение исследований микросейсм на всю территорию Земли имело бы весьма важное значение для изучения общей атмосферной циркуляции и строения земной коры.

\* Charles University, Prague, Czechoslovakia

*In Prager Seismologischen Institut wurden ausgedehnte Studien über die im Zeitabschnitte von 1948 bis 1963 beobachteten Mikroseeismen mit 3 – 10 sec Perioden ausgeführt. Es war unser Ziel den Zusammenhang zwischen den Mikroseeismen und der Zirkulation der atlantischen und anderen Frontzonen zu untersuchen.*

*In der ersten Phase dieses Studiums suchten wir Korrelationen der Amplituden und Perioden der Mikroseeismen mit den Positionen und Werten der Luftdruckminima, mit deren Bewegungen, mit den Meerestiefen in den Entstehungsgegenen der Frontbewegungen, sowie mit anderen Faktoren. In der zweiten Phase verglichen wie die für verschiedene aktive Zeitabschnitte verfertigten idealisierten Summationskurven miteinander und mit den Kurven anderer Stationen. In diesen Vergleich wurden 18 europäische Stationen eingezogen. Wir fanden einen engen Zusammenhang der in Prag beobachteten Mikroseeismen mit der Zyklonaktivität des östlichen Teils der atlantischen Frontzone, keinen Zusammenhang aber mit den im Gegende Grönlands, der Nordsee, des La Manche Kanals, und der Biscaya-Bucht vorkommenden Zyklonen.*

*Die Luftbewegungen in kontinentalem Masse bewegen zugleich an den Küstengebieten der Ozeane mächtige Wassermassen, was hauptsächlich auf die Entstehung langperiodischer Mikroseeismen einen grossen Einfluss hat. Wir fanden auch einen engen Zusammenhang zwischen den Höchstwerten der Sonnentätigkeit und der Mikroseeismen.*

*In der dritten Phase unserer Arbeit, bei der Untersuchung des Zusammenhangs der Perioden und Amplituden der Mikroseeismen meistens mit Perioden über 6 sec fanden wir, dass der bekannte Parallelismus bloss ein grobes Charakteristikum ist. Der Zusammenhang der langen Perioden und der der Sturmzyklonen war dagegen entschieden feststellbar.*

*Das Studium der Mikroseeismen im Weltmass wäre vom Gesichtspunkte der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation und der Forschung der Erdkruste sehr wichtig.*

Az ún. mikroszeizmák a talajnyugtalanóság legszabályosabb, csaknem periodikus formáját képviselik. Különböző módon keletkezhetnek és periódusuk néhány század és tized másodperc között mozoghat. Így pl. 0,07, ill. 0,3 mp periódusú mikrorezgéseket észleltek 1940-ben Prágában véletlenül kedvező fizikai körülmények között, egy töltés javítása közben, amelyet előzőleg jégár és árvíz rongált meg. De előfordulnak 10, sőt 20 mp-nél hosszabb periódusú szeizmák is.

Ez a tanulmány a 3–10 mp periódusú mikroszeizmákkal kíván foglalkozni. Ezek a talajrezgések, amelyek leginkább télen jelentkeznek a kontinensek nagy részein, általában a tengerek, óceánok fölött fellépő hirtelen légnyomás-változásokból erednek.

Főképpen az Atlanti frontális öv ÉK-i részén keletkező mikroszeizmákkal kívánunk foglalkozni, amelyeket Európában, elsősorban ennek középső részében észlelhetünk.

Ez a vizsgálat az 1948–63. időszakra terjed ki és a prágai szeizmológiai állomáson végezték. Célja az

volt, hogy pontosabb összefüggéseket állapítson meg az Észak-Amerika és Európa Ny-i partja között kiterjedő atlanti front zóna cirkulációja és a mikroszeizmák között, továbbá, hogy megvilágítsa más cirkulációs zónák befolyását, amelyet nem lehet a priori kiküszöbölni.

A tanulmányozás első szakasza korrelációk keresése volt a prágai állomáson feljegyzett mikroszeizmák periódusa és a légnyomási minimumok helyzete, mélysége, sebessége, kifejlődése, a frontmozgások jellege, a szélirányok és sebességük, valamint keletkezésük területén a tengermélységek és más tényezők között.

Ilyen óceáni hatások tanulmányozását azzal kezdtük, hogy grafikusan ábrázoltuk egész éven át a mikroszeizmák amplitúdóinak és periódusainak időbeli lefutását. Az ábrázolás négy párhuzamos időtengelyt alkalmazott a meteorológiai alapidőpontoknak megfelelően 0, 6, 12 és 18 órára (greenwichi időben). Ily módon egy szabvány milliméter papír elégséges volt egy teljes akció periódus folyamán a mikroszeizmák periódusa és amplitúdója időbeli le-

futásának ábrázolására. Még kiegészítő adatokat is, amelyek a mikroszeizmák és más tanulmányozott tényezők közötti korrelációk megállapítására szükségesek, rá lehetett tenni a diagramra. Különböző évek aktív periódusai ugyanerre vagy más állomásra vonatkozóan így könnyen összehasonlíthatók és általánosabb időbeli és térbeli jellemzőik levezethetők.

Hangsúlyozni kell, hogy nemcsak a mikroszeizmikus zivatarok, amint ez általában lenni szokott, de még a „szokásos” mikroszeizmák is beletartoztak az analízisbe. Ezek a kérdéses aktív periódusra vonatkozóan a periódusok és amplitúdók idealizált összegezése után, mint sima görbék jelentkeznek. E görbék különböző aktív időközökre és különböző állomásokra vonatkozólag összehasonlíthatók és segítségükkel össze lehet hasonlítani egyes aktív periódusokat és hosszabb időközöket egy vagy több állomásra vonatkozóan.

Ilyen összehasonlítás volt az analízis következő szakasza. A Nemzetközi Geofizikai Év és a Nemzetközi Geofizikai Együttműködés Éve, természetesen részletesebb tanulmányozás tárgya volt.

A mikroszeizmák menetével párhuzamosan napról napra megvizsgálták a szinoptikus térképeket. Megállapítást nyert, hogy Prágában a mikrorengések szoros kapcsolatban állanak az atlanti frontális zóna K-i részének ciklonos aktivitásával, amely öv ÉK felé fut, a  $40^\circ$  W meridiántól K-re és az  $50^\circ$  N parallelkörtől É-ra. A Prágában észlelt mikroszeizmák keletkezésében igen fontos terület az Atlanti-óceánnak az a része, amely Izlandtól Ny-ra, DNy-ra és D-re fekszik, továbbá Közép-Norvégia partvidékének Ny-i része, Észak-Norvégia partvidéke és a Balti-tenger É-i része.

Vizsgálataink a következő megállapításokat eredményezték: az eze-

ken a területeken keletkezett mikrorengések szorosan kapcsolatosak kifejezett légnyomási minimumok keletkezésével, kifejlődésével és mozgásával. Stacionáris ciklonok nem gyakorolnak észrevehető hatást a Prágában észlelt mikroszeizmákra. A grönlandi partközeli sekély vizek fölött, az Északi-tenger fölött, a La Manche-csatornán, a biscayai öbölben előforduló ciklonok hatása Prágában nem észlelhető. Hasonlóképpen nincs nyomuk a szeizmológiai feljegyzésekben a földközi-tengeri meteorológiai tényezőknek, amelyek pedig jelentkeznek Csehország légkörében. Az észlelt hatások közül sok mutatja a földtani szerkezet befolyását, nem véve tekintetbe a mikroszeizmák eredő helyétől való távolságot.

A vizsgálatok e második szakaszában a leírt módszert Európa következő 18 állomásán észlelt periódusokra és amplitúdókra alkalmaztuk: Athén, Belgrád, Bratislava, Bukarest, De Bilt, Halle, Hurbanovo, Jena, Kiruna, Kholm, Koppenhága, Nord, Potsdam, Skalnaté Pleso, Strasbourg, Stuttgart, Triest, Varsó. Így a Prágára kapott eredmények egész Közép-Európára alkalmazhatók. Azt találtuk, hogy a mikroszeizmikus amplitúdók menetében ismert hasonlóság a különböző állomásokon nemcsak az egyes zivatarok esetében áll fenn, hanem az aktív időközökre levezetett általános simított amplitúdókra is. Az, hogy e görbék típusa megmarad egy sereg állomáson, amely a Kiruna–Triest menti É–D-i szelvényen fekszik, arra mutat, hogy az atlanti zóna hatása túlsúlyban van az európai mikroszeizmák egész területén. De azt is megállapítottuk, hogy a Közép-Európában észlelt mikroszeizmák keletkezési területei kevésbé lényegesek a Skandinávián és az Orosz Paizson keresztül haladó szeizmákra nézve. E két utóbbi terület számára a leglényesebb keletkezési terület az

Atlanti-óceánnak Skandinávia Ny-i partja menti része.

Az európai mikroszeizmák légnyomási és partmenti jelenségét főként hullámverések keltik. A kontinentális méretű párhuzamos hatásokat, amelyek az egyes aktív időközök közös jellegét meghatározzák „elsőrendű” források hatásának tekintetjük, míg a különböző területekre jellemző eltéréseket „másodrendű” források hatásának mondhatjuk. Az első esetben a források tekintélyes méretűek és óriási tömegű víz mozgásával keltenek mikroszeizmákat. A második esetben a források csak regionális méretűek, pl. másodlagos légnyomási depressziók, szelek, hideg front áthaladások az óceán felől a kontinensre, hullámverés stb., amelyek főként a partok közelében hatnak. Természetesen a források méretei kapcsolatosak a mikroszeizmák periódusával: a hosszú periódusú mikroszeizmákat inkább kell a kiterjedtebb forrásoknak tulajdonítani, mint a rövidebb periódusúakat. „Forráson” az „effektív” forrást, vagyis az „elemi” források összességét értjük, amelyek a keletkezési területen a mikroszeizmákat előidézik. Világos, hogy a valóságos viszonyok mellett nem lehet olyan általános mechanizmust és általános elméletet felállítani, amely a mikroszeizmák keletkezésére és terjedésére érvényes lenne. Ezek az illető terület földtani szerkezetétől is erősen függenek.

A mikroszeizmáknak a légköri cirkulációval való kapcsolatát az atlanti frontális zónában a következő módon tanulmányoztuk: Korreláltuk a mikroszeizmikus amplitúdókat olyan index-számokkal, amelyek kb. arányosak az 500 millibar szinten a geosztrofikus szélesebesség Ny–K-i összetevőjével. A téli időszakban nyilvánvaló egyezést találtunk, de a meleg időszakban sokkal gyengébbet. Ezt azzal magyarázhatjuk, hogy

az örvénylő melegebb levegőréteg hatása kisebb az óceáni víz hullámokra.

Megvizsgáltuk a naptevékenység hatását is a mikroszeizmákra, amely a légkör keringését befolyásolja. Felraktuk a prágai mikroszeizmák amplitúdóinak simított menetét az 1948–1960-as időszakra, amelybe az 1947. évi naptevékenység maximumától az 1957. évben bekövetkezett maximumig terjedő időköz beleesik. Egészében azt találtuk, hogy a maximumok olyan hullámot keltenek, amelynek csúcsai megfeleltek a naptevékenység maximumainak. Az átlagos relatív napfolt számok menetének összehasonlítása a simított maximális amplitúdók menetével általában jó egyezést mutatott.

A prágai mikroszeizmák vizsgálatának harmadik szakaszában az európai mikroszeizmák periódusainak statisztikus vizsgálatával foglalkoztunk. Főképpen a 6 mpercnél hosszabb periódusokat tanulmányoztuk. A periódus igen érzékeny és megbízható paraméter. Azt találtuk, hogy a periódusok és amplitúdók menetének jól ismert párhuzamossága csak igen durva statisztikus karakterisztika. A részletesebb vizsgálat a különböző állomásokon rendszeres eltéréseket talált és azt mutatta, hogy a mikroszeizmák olyan „sokszínű” mozgásokat jeleznek, amelyek periódusait nemcsak a keletkezési mechanizmus, hanem a földtani szerkezet is erősen befolyásolja. A Prágában észlelt hosszú periódusú mikroszeizmák Izland környékén erednek; Jan Mayen, valamint az északi Norvég partvidék és a Balti-tenger területe viszont elsőrendű fontosságúak Skandináviára, ill. az Orosz-táblára vonatkozóan. Általánosan azt találtuk, hogy hosszú periódusú mikroszeizmák akkor lépnek fel, amikor a kiterjedt nyomásrendszerekben hangsúlyozott minimumok vannak jelen. Ha ezek viharciklonok, akkor a

hosszú periódusú mikroszeizmák hosszú periódusú mikroszeizmikus zivatarok alakjában jelennek meg; ha a ciklonok álló jellegűek, akkor az amplitúdókban csak kicsiny növekedés (vagy semmi változás sem) észlelhető, de a periódusokban mindig nagy növekedés észlelhető. A hosszú periódusú mikroszeizmák keletkezésére a nagyméretű ciklonos képződmények kifejlődése jellemző, amelyek többnyire DNy-ÉK, ritkábban ÉNy-DK irányba terjednek és ezek újjáképződései jellegzetesek. Európa különböző állomásain észlelt hasonló jelenségek összehasonlítása ahhoz a következtetéshez vezet, hogy ilyen tanulmányozás, lehető sok állomásra kiterjesztve, igen hasznos lenne a földkéreg szerkezetének, valamint a mikroszeizmák keletkezési mechanizmusának és továbbterjedésének nagyvonalú tanulmányozására.

A mikroszeizmákat sok kutató ta-

nulmányozta különböző szempontokból és igen érdekes tartományokat fedezett fel, amelyek lényegesen különböznek egymástól, de gyakorlatilag még nem jött létre a rendszernek és a különböző tartományok összefüggésének és az uralkodó mechanizmusoknak teljes ismerete. Ha be akarunk hatolni ezekbe a problémákba, amelyek igen fontosak az általános légköri cirkuláció és a Földkéreg szerkezetének tanulmányozása szempontjából, egyidejű, az egész Földre kiterjedő kutatásokat kellene megszervezni.

A problémák egy csoportját be lehetne vonni a Nyugodt Nap Évének szeizmológiai vizsgálataiba. E kutatások közvetve előmozdíthatnák a szeizmikus műszerek sztandardizációját és egységesítését, valamint a hosszú észlelési sorozatok kiértékelésének a mechanizálását és automatizálását.

#### Elektromos kutatás

- Karangyejev, K. V. - Dajev, D. Sz.:* Váltóáramú kutatómódszerekhez szükséges geofizikai műszer szerkesztésének elvei. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 2. sz. 254-259. l.
- Mejer, A. A.:* Pontszerű áramforrás potenciálja olyan félvégtelen heterogén közegben, amelynek vezetőképessége a földfelszínnel párhuzamos irányban változik. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 3. sz. 292-293. l.
- Zaharov, V. H.:* Az elektromágneses dipol szelvényezés anomáliáinak kiértékelése forgástestek (gömb, henger) felett. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 4. sz. 564-569. l.
- Bloh, I. M.:* Az elektromos terek egy vizsgálati eljárása bonyolult geoelektromos réteg-

sorok felett. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 6. sz. 883-893. l.

*Brunelli, B. Je.:* Magnetotellurikus szelvényezés, vízszintes irányban heterogén közegek esetében. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 7. sz. 990-998. l.

*Janovszkij, B. M., Brunelli, B. Je.:* Magnetotellurikus szondázás a Középorosz medence területén. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 7. sz., 999-1006. l.

*Gugunava, G. Je. - Csernyavszkij, G. A.:* Abszolút ellipszisek alkalmazása a természetes geoelektromos tér változásainak elemzésére. = *Izv. Akad. Nauk*, 1964. 7. sz. 1061-1066. l.