Geofizikai módszerek alkalmazása egyes szénföldtani feladatok megoldására és a kutatás ezekkel kapcsolatos automatizációs problémái

MIROSZLAV TROMBIK – VACLAV ZUBEREK

Az utóbbi időben gyakran merül fel annak szükségessége, hogy a geofizikát közvetlenül a föld alatt folyó kutatásokban használjuk fel. Olykor gyorsan kell megoldani a bányaléq, főteomlás, hirtelen szén- és gázkitörés veszélyével kapcsolatos problémákat és mérni kell a bányanyomást közvetlenül a bányavágatok közelében. Nem kevésbé fontos probléma a vetők, vízbetörési veszély stb. előzetes kimutatása.

A bányabeli kutatásokhoz számos kérdést kell megoldani műszer- és módszertani vonalon. Az előadás ismerteti azokat a geofizikai módszereket, amelyeket a Bányászati Főintézet alkalmaz (LNK, Kattowice) e kérdések megoldásakor.

В последнее время часто возникает необходимость применения геофизики непосредственно в исследованиях, проводимых под землей. Иногда необходимо быстро решить проблемы, связанные с опасностью зорных ударов, обрушений кровли, внезапных выбросов угля и газа, а также связанные с этим измерения горного давления непосредственно вбизи горных выработок. Неменее важной проблемой является преждевременное обнаружение сбросов и опасности воды и ряд других.

Проведение исследований в шахтных условиях требует решения ряда вопросов, связанных с приспособлениями аппаратуры и измерительно-учетной методики. В докладе излагаются геофизические методы, применяемые Главным институтом горного дела (ПНР – г. Катовице) при решении этих вопросов.

Особое внимание обращается сейсмоакустическим и седсмологическим методам и аппаратуре, применяемой для борьбы с горными ударами. Применение вышеуказанных методов непосредственно в шахтах, обусловливается необходимостью немедленного получения результатов исследований. Это требует автоматизации процесса обработки данных. В докладе представляются главные направления автоматизации сейсмоакустических и сейсмологических исследований в горном деле.

In letzter Zeit kommt sehr häufig die Notwendigkeit einer unmittelbaren Anwendung der Geophysik in den Forschungen untertage auf. In vielen Fällen müssen wir schnell die mit dem Gefahr des Schlagwetters, Firstenbruchs und plötzlichen Kohle-oder Gasausbruchs zusammenhängenden Probleme lösen und den Grubendruck in der Nähe der Gruberstrecken messen. Nicht weniger wichtig ist die vorherige Nachweisung von Verwerfungen, Wassereinbruchsgefahr usw.

Im Interesse der Grubenforschungen muss man viele instrumententechnische und methodologische Fragen lösen. Im Vortrag werden die geophysikalischen Methoden besprochen, die von dem Hauptinstitut für Grubenforschung (Kattovice, Polnische Volksrepublik) bei der Lösung des Fragenkomplexes angewendet werden.

1. Bevezetés

A bányászat igényeit kielégítő geofizika jórészt felszíni geofizikai módszerként fejlődött, melynek feladata a készletek településének és a kitermelés alatt álló terület részletes tektonikájának megismerése. Az utóbbi években egyre szélesebben használják a geofizikai módszereket a földalatti kutatásoknál,a nyersanyagkutatás mellett bányamechanikai és olyan problémák megoldására, melyek speciálisan a kiaknázással kapcsolatosak. A bányákban közvetlenül végzett geofizikai mérések igen sok és hasznos információt szolgáltatnak. Ennek következménye a módszerek térhódítása a gyakorlati életben. A további

gyors fejlődést akadályozó tényezők: a speciális kialakítási műszerek igénye és az eredmények nehézkes és hosszú időt igénybevevő értelmezése. A mérő és értelmező folyamatok automatizálásának fejlődése, a műszerek miniatürizálása széles lehetőséget biztosít a geofizika bányászati alkalmazásának.

A Központi Bányászati Kutató Intézetben (Katowice) évek óta használnak geofizikai méréseket a következő problémák eldöntésére: bányamechanikai problémák, a kőzetek fizikai és mechanikai paramétereinek mérése, nyomásmérések és hegyrezgéssel kapcsolatos kérdések;

– vízbetörésre veszélyes helyek kimutatása, vetők és karsztüregek helyének lokalizálása;

– a kitermeléssel kapcsolatos kérdések (szeizmikus rezgések, robbantások után, földalatti fúrások szelvényezése).

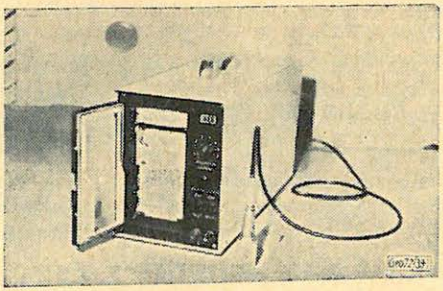
2. Geofizikai módszerek alkalmazása bányamechanikai problémák megoldásához

Ezen a területen igen eredményesen alkalmazzák a komplex geofizikai kutatást, mely a szeizmoakusztikus és ultrahangos, mikroszeizmológiai, sekély szeizmikus, geoelektromos, radiometrikus és geotermikus módszereket foglalja magában.

2.1. Szeizmoakusztikus módszerek

Ezeket a módszereket elsősorban hegyrengés-prognózisok készítésére használják [7, 11]. Ezek magukba foglalják a kőzetmasszívumok vibrációjának regisztrálását, melyek a feszültségek keltette repedések keletkezése során pattannak ki. A mérések végzésére a következő, a Központi Bányászati Kutató Intézetben tervezett műszereket használják:

– hordozható bányászati szeizmoakusztikus berendezés, mely rövid ideig tartó észlelések végzésére alkalmas. Ez egy egycsatornás regisztrálóval és impulzusszámlálóval ellátott berendezés, mely egyidejű lehallgatást is lehetővé tesz *(1. ábra)*. Az észlelt impulzusokat a készülék erősíti, átalakítja és amplitúdó



1. ábra. Hordozható szeizmoakusztikus berendezés bányák számára

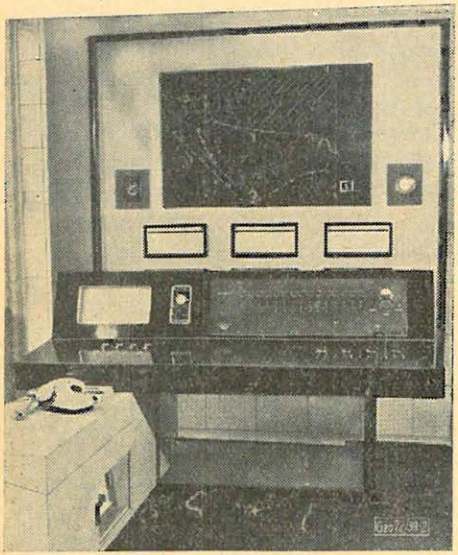
Фиг. 1. Переносная шахтная сейсмоакустическая аппаратура

Fig. 1. Tragbare seismoakustische Einrichtung für Gruben

szempontjából két csoportra osztja (a műszer az LNK Szabványügyi Hivatalában a *No 63230* szám alatt van bejegyezve):

– állandó szeizmoakusztikus állomás; folytonos, egésznapos regisztrálások végzésére alkalmas néhány veszélyeztetett bányaszakaszon. Sokcsatornás berendezés, melynek észlelő része a föld alatt van elhelyezve, regisztráló és ellenőrző pedig a felszínen *(2. ábra)*. Az impulzusok időskálával ellátott szalagra kerülnek, valamint magnetofonszalagra és oszcilloszkópon is megjelennek. A berendezés szikrabiztos kivitelben készül és így gázos bányaszakaszokon is alkalmazható. Ezen berendezés elektromos kapcsolási rajza a *No 63070* sz. szabványként van bejelentve.

– automatikus szeizmoakusztikus állomás (kísérleti példány). Ez az állomás *(3. ábra)* négycsatornás típus, automatikus számláló berendezésekkel van ellátva, kinyomtatja az impulzusok számát a beprogramozott idő-intervallumnak megfelelően, valamint külön automatikusan jelzi a veszélyes szintet meghaladó impulzusokat. Az állomás létrehozása az első lépést jelenti az automatikus szeizmoakusztikus regisztrálás és értelmezés felé. Ezen berendezés elektromos sémája az *LNK No 61969 sz.* szabványként került bejegyzésre. Az Intézetünkben kidolgozott mérési és értelmezési metodika alapja az időegység, 1 óra alatt beérkezett impulzusok számlálása (a szeizmoakusztikus aktivitás vizsgálata).

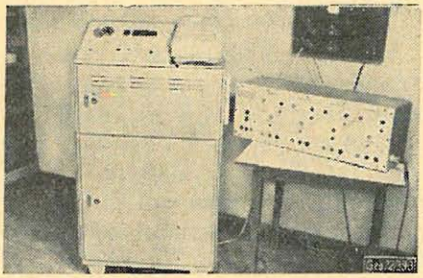


2. ábra. Helybenmaradó szeizmoakusztikus berendezés a Kazimierz–Juliusz bányában (felszíni rész)

Фиг. 2. Стационарная сейсмоакустическая станция на шахте *„Казимеж-юлиуш"* (поверхностная часть)

Fig. 2. Ortsfeste seismoakustische Station im Grubenwerk Kazimierz–Julius (Oberflächen-Einheit)

A bányatermelések környezetükben a kőzetek állapotát megváltoztatják, repedeződési folyamat játszódik le, mely az aktivitás változását is eredményezi. A kőzettömeg veszélyes aktivitását az átlagos aktivitáshoz viszonyítva mutatjuk ki. A hegyrengések vizsgálata megmutatta, hogy ezeket mindig erős



3. ábra. Automatikus szeizmoakusztikus állomás

Фиг. 3. Автоматическая сейсмоакустическая станция

Fig. 3. Automatische seismoakustische Station

szeizmoakusztikus aktivitás előzi meg. Maga a hegyrengés energia-felhalmozódással kapcsolatos, ami a szeizmoakusztikus aktivitás csökkenésével jár. Tehát a hegyrengés alacsony szeizmoakusztikus aktivitás idején következik be, melyet erős aktivitás előzött meg. A hegyrengések előrejelzéséhez folytonos regisztrálásra van szükség, valamint ezek értelmezésére, ami meglehetősen nehéz munka. Ezen nehézségeket erősen csökkenti a már említett szeizmoakusztikus állomás. Azonban a kérdést ez sem oldja meg teljesen, a teljes automatizálás az impulzusok más paramétereinek értelmezését is magába kell, hogy foglalja (amplitúdó, energia stb.).

A szeizmoakusztikus impulzusok mérésére és alapvető tulajdonságaik vizsgálatára, valamint a nagypontosságú idő szerinti mérésekhez külföldi berendezéseket használunk, melyeknél az erősítő rendszer a KSz elektrométereit és mágneses analóg regisztrálót foglal magába. A rendszer lineáris frekvenciakarakterisztikát *(−3 db)* biztosít, *15*-től *2000 hertzig*. Ezen berendezést a robbantásos kitermelés utáni repedésképződés szeizmoakusztikus jellemzőinek meghatározására, valamint a kitermelés környezetében képződő repedésrendszernek térbeli elhelyezkedésének vizsgálatára használtuk.

2.2. Vizsgálatok ultrahanggal.

Ezt a vizsgálatot a nyomásvizsgálatok meghatározására használtuk. Elve: longitudinális hullám sebességének változása kőzetmintában és a kőzetmasszivumban [7, 9].

A vizsgálat tárgya: a hullámfront okozta nyomásváltozás. Műszertechnikai okok miatt ez a módszer nem terjedt el szélesen. A mérőműszer miniatürizálása és automatizálása, valamint a bányákban uralkodó feltételek közötti munkaképessége lehetővé tennék szélesebb elterjedését.

Az ultrahangos módszer eredményesen alkalmazható a kőzetminták dinamikus rugalmassági paramétereinek meghatározására. Ilyen céllal használjuk a *IPA* szovjet gyártmányú szeizmoszkópot; a dinamikus rugalmassági paramétereket a longitudinális és felszíni hullámsebességekből határozzuk meg.

2.3. Mikroszeizmológiai módszerek.

Ezek a módszerek a hegyrengések és mozgások paramétereinek regisztrálására, észlelésére és meghatározására szolgálnak. Ezen módszer segítségével sikerült kimutatni a Felső-Szilézia-i kőszénmedence leginkább rengésveszélyes részeit. A rengés fészkének pontosabb meghatározását lehetővé tevő módszerek eredményei alapján módunk van rá, hogy a rengés-veszélyesség fokát is meghatározzuk egy-egy területen [13]. A kutatásokhoz kőzeti rengések kimutatására szolgáló szeizmográfokat használtunk. A módszer a lökések részletes vizsgálatán alapszik, meghatározzuk ezek térbeli lokalizációját és energiáját. A felszabaduló szeizmikus energia változásai alapján, egy adott területen meghatározzuk a veszélyeztetettség fokát, ez utóbbi esetleges időbeli változásait és a megelőző tevékenység hatékonyságát. Ez a módszer egyre szélesebben terjed a kőszén-iparban, azonban állandó sok munkát igénylő módszer. Nagyfokú szakképzettséget igényel az alkalmazótól.

2.4. Sekély szeizmika.

A szeizmikus módszert a nyomásváltozások vizsgálatára alkalmazzuk. Ezek sebességmérésre vezethetők vissza [12]. A kutatásokhoz mérnök-szeizmikus apparaturát használunk: magyar gyártmányú „*Pionir*" és német gyártmányú P_x *24 T* berendezéseket. A mérési módszer: szelvénymérés, a rengéseket kalapáccsal váltjuk ki. Az értelmezés során a szeizmikus hullámok sebességét határozzuk meg és ezek alapján vizsgáljuk a kitermelés alatt vagy felett kapott tömbök és pillérek hatósugarát. A módszer feltétlenül alkalmas a fenti problémák vizsgálatára.

2.5. Más módszerek.

A bányamechanikai kutatásoknál alkalmazott egyéb geofizikai módszerek:

– geoelektromos módszerek a repedezett zónák és a törésvonalak kimutatására [14];

– radioaktív ($\gamma - \gamma$) módszerek terhelés vizsgálatra kőzetmintához [1, 2];
– termikus módszerek a kőzetmintákban kimutatható feszültség-eloszlások vizsgálatára [3].

3. A vízbetörésre veszélyes helyek kimutatása

A geofizika legfontosabb szerepe ezen a területen vetők, üregek, régi bányajáratok kimutatása és lokalizálása. Ilyen kutatásokhoz szeizmikus és geoelektromos módszereket használtunk [8, 10, 4].

3.1. Geoelektromos módszerek.

Vetők és üregek kimutatására egyaránt alkalmas módszerek. A mérések főleg alacsonyfrekvenciájú műszerekkel (szovjet gyártmányú *ANCS – 1* és *IKSZ – 50* berendezések) történnek felszíni szimmetrikus szelvényezés módszerével. Ez a módszer lehetővé teszi vetők és tektonikai vonalak lokalizálását. A módszer eredményességét a nagy ellenállásváltozás biztosítja, mely a törésvonal és környezete között jelentkezik.

3.2. Szeizmikus módszerek.

Üregek, és régi, felhagyott járatok kimutatására szolgálnak ezek. A módszer alapja a kitermelés vagy fúrás és a felszín között levő kőzettömeg nagyfrekvenciájú szeizmikus hullámokkal történő „*átvilágítása*". A mérésekhez svéd gyártmányú *TP 10* mérnökszeizmikus berendezést használtunk. A regisztrátumokon az üregek, mint a szeizmikus hullámokat elnyelő közegek jelentkeznek, valamint a longitudinális hullámok késése is megfigyelhető [4, 8]. Felső-Sziléziában mindkét fenti módszer általánosan használatos. Itt ez a kérdés a felszín sűrű beépítettsége és az épületek gyakran tapasztalható deformálódása miatt fontos.

3.3. Radiometrikus módszerek.

A vízbetörés elleni harc geofizikai módszerei között a radiometrikus módszereket is meg kell említeni, melyek a hidrogeológiai adottságok és a vízbetörések miatt veszélyeztetett szakaszok meghatározásánál fontosak.

A vizek korát tritium-szint-módszerrel határozzák meg. A filtráció irányát és intenzitását indikációs módszerekkel vizsgálják; általában stabil vegyületeket használnak, melyek nem vezetnek a kutatott terület vizeinek radioaktív beszennyezéséhez. Az indikátorokat neutron-aktivációs módszerrel mutatjuk ki.

4. A kitermelés során fellépő problémák.

Ezen a területen nagy töltetek által kiváltott rengések, valamint ezeknek az építményekre gyakorolt hatásának vizsgálata említhető elsősorban. Említésre méltó a földalatti fúrások lyukszelvényezése is. A keltett rezgéseket szovjet gyártmányú VEGIK hordozható szeizmográfokkal vizsgáljuk, az alkalmazott karotázs berendezés magyar gyártmányú, hordozható *HL*.

5. A szeizmoakusztikus és mikroszeizmológiai kutatások automatizálásának irányai

Az elvégzett kutatások alapján megállapítható a geofizikai módszerek széles körű alkalmazásának célszerűsége a bányászatban. A bányamechanikával

kapcsolatos kérdések közül az első helyre kerül a bányarengések prognosztikájának problémája. Az alkalmazott szeizmoakusztikus és mikroszeizmológiai módszerek már jelen állapotukban is alkalmasak olyan adatok közlésére, melyek alapján sok esetben előre jelezhető a veszély. Az aktuális állapot becslésének egyik alapvető kérdése, hogy az információt csak késve kapjuk meg, hogy az késik az igen munkaigényes értelmezés miatt is. A módszerek széles körű ipari alkalmazása a mérési anyag automatikus feldolgozásának megvalósításától függ. Különösen a szeizmoakusztikus módszer eredményeinek statisztikus feldolgozási folyamatát kell automatizálni. Ez lehetővé tenné a digitális regisztrálás és az eredmények közvetlen számítógépbe juttatásának megvalósítását. Így jelentősen meggyorsulna az értelmezés fázisa és igen gyorsan meghatározhatóvá válik a rengésveszély. Jelenleg a szeizmoakusztikus módszer a szeizmoakusztikus aktivitás paraméterének kimutatására törekszik. A digitális regisztrálás bevezetése lehetővé teszi a kutatások kiszélesítését az impulzus energia változásainak és az $n(a)$ szeizmoakusztikus aktivitás amplitúdó-eloszlásának vizsgálata irányába. Az analízis kiszélesítése alapján pontosabb eredményekre számíthatunk.

A mikroszeizmológiai módszernél is felmerül az állandó automatikus feldolgozás szükségessége, hogy pontosabban meghatározhassuk a rengések energiáját, valamint epi- és hipocentrumát. Ez lehetővé teszi a folyamatos feldolgozást és a veszélyeztetett területek gyors kimutatását, valamint a felhalmozott szeizmikus energia levezetésének módját. Fenti probléma megoldása a digitális regisztrátumok továbbítását, számítógépbe való bevitelét és a gyors eredményközlést teszi lehetővé.

A mérések és az értelmezés automatizálásának kérdése hasonló a felszíni geofizikában jelentkező problémákhoz, melyekről jelen előadásunkban nem szóltunk. Alá kell azonban húzni, hogy a geofizikai módszerek miniatürizálásával és a bányákban uralkodó körülmények közti munkaképesség fokozásával képzelhető el (metán, nedvesség, hőmérséklet).

6. Következtetések.

1. A geofizikai módszerek általános elterjedése a bányászatban függ
- a mérőműszerek automatizálásától és miniatürizálásától;
- a mérési eredmények feldolgozásának automatizálásától.

2. Jelenleg nagy nehézséget jelent a mérések végzése során egy olyan műszer hiánya, mely a bányában uralkodó körülményekhez van alkalmazva.

3. A digitális regisztrálás és az automatikus feldolgozás a szeizmoakusztikus és mikroszeizmológiai módszereknél lehetővé teszi a veszélyeztetett területek idejekorán történő kimutatását.

IRODALOM

[1] *J. Bujok, B. Sujak:* Die Intensitätsänderungen durchgehender Gammastrahlung in homogäner Kohlensubstanz als Funktion der Grösse senkrechter Drücke Acta Physica Polonica t. 25, 1964.

[2] *J. Bujok, B. Sujak:* Zmiany natężenia przechodzących promieni gamma w masie węglowej jako funkcja obciążeń Przegląd Górniczy t. 21, 1965.

[3] *A. Kidybiński:* Termoefekty wytężenia skał w jednoosiowym polu naprężeń Prace GIG, Katowice 1969.

[4] *E. Konstantynowicz:* Profilaktyka i zabezpieczenie wyrobisk górniczych przed wdarciem się wody lub kurzawki Przegląd Górniczy, nr 3, 1971.

[5] *B. Neyman:* Profilaktyka przeciwtąpaniowa w świetle najnowszych badań Przegląd Górniczy nr 3, 1971.
[6] *B. Neyman, S. Gibowicz, S. Plewa, Z. Wierzchowska:* „Kierunki zastosowania geofizyki w górnictwie węglowym" Referat na III Krajowy Zjazd Górniczy na temat Nowe Górnictwo Sekcja VIII SITG Katowice 1965.
[7] *B. Neyman, Z. Grabis, M. Trombik, W. Zuberek:* Wyniki badań ciśnienia i tąpań metodami sejsmoakustycznymi w kopalni Bobrek Prace GIG, Komunikat nr 464.
[8] *M. Rogoż, W. Mitcowski, R. Zakolski:* Zapobieganie zagrożeniom wodnym w kopalniach węgla Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie, nr 6, 1970.
[9] *J. Sachs, R. Zakolski:* Prędkość fal sprężystych w skałach karbońskich Geofizyka i Geologia Naftowa Biuletyn Inform. nr 5 – 7, Kraków 1969.
[10] *K. Smietana:* Wyniki badań elektrooporowych przy wykrywaniu uskoków Ochrona Terenów Górniczych nr 11, 1970.
[11] *M. Trombik, W. Zuberek:* Aktualny stan badań sejsmoakustycznych oraz kierunki ich dalszego rozwoju Technika Poszukiwań nr 28, 1968.
[12] *Z. Wierzchowska:* Zastosowanie pomiarów prędkości fal sejsmicznych do badania względnych zmian wartości ciśnienia górotworu Przegląd Górniczy, nr 10, 1968.
[13] *Z. Wierzchowska:* Wyniki badań nad możliwością oceny stopnia zagrożenia tąpaniami przy pomocy metod sejsmicznych. Referat na III Konferencji Górnego Płaszcza Ziemi, Karpacz 1970, publikacja Prace Zakładu Geofizyki PAN (w druku).
[14] *R. Zakolski:* O możliwości zastosowania metod geofizycznych dla rozwiązywanian iektórych problemów mechaniki górotworu. Ochrona Terenów Górniczych.

Lapszemle

Fizikai Szemle, XXII. évf. 2. sz. 1972. február.
Barta György: Eötvös Loránd sághegyi mérései, 33 – 34. old.
Marx György: Eötvös Loránd és a gravitáció, 34 – 36. old.
Varga Péter: Eötvös és a gyakorlati geofizika, 36 – 37. old.
Aczél Etelka: Eötvös mágnes kutatásai, 37 – 39. old.

Négy előadás, melyeket az 1971. október 16-án Czelldömölkön, a Berzsenyi Dániel gimnáziumban Eötvös sághegyi méréseinek 80 éves fordulóját ünneplő kétnapos összejövetelen tartottak. Okt. 17-én a sághegyi túristaház előtt emlékoszlopot állítottak fel, melynek képét a füzet a címlapon közli.

Geonomia és Bányászat, a MTA X. Föld- és Bányászati T. O. Közleményei 4. kötet, 2 – 4. sz. 89 – 360 old.

Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Barta György akadémiai székfoglalójához, 89 – 90. old.

Barta György: A föld erőtereinek évszázados változásairól és torzultságáról, 91 – 103. old.

Szádeczky-Kardoss Elemér: Bevezető Béll Béla akadémiai székfoglalójához, 105 – 106. old.

Béll Béla: Magyarország légterének éghajlati sajátságai a magasabb légrétegekben, 107 – 121. old.

Ádám Antal: A paleozoós grafitos képződmények meghatározása magnetotellurikus módszerrel elektromos árnyékoló rétegek alatt a Magyar Medencében és néhány genetikai következtetés, 297 – 308. old.

Nagy Zoltán: Hozzászólás az előbbi előadáshoz, 309 – 311. old.

Mártonné Szalay Emőke: Harmadkori vulkáni hegységeink paleomágneses kutatása, 321 – 329. old.

T. G.